tijdschrift van het

nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 46 - nr. 2/3 - 1981

nederlands elektronica- en radiogenootschap

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
Postbus 39, 2260 AA Leidschendam. Gironummer 94746
t.n.v. Penningmeester NERG, Leidschendam.

HET GENOOTSCHAP

Het Genootschap stelt zich ten doel in Nederland en de Overzeese Rijksdelen de wetenschappelijke ontwikkeling en de toepassing van de elektronica en de radio in de ruimste zin te bevorderen.

Lidmaatschap

Voor lidmaatschap wende men zich tot de secretaris. Het lidmaatschap staat -behoudens ballotage- open voor academisch gegradueerden en hen, wier kennis of ervaring naar het oordeel van het bestuur een vruchtbaar lidmaatschap mogelijk maakt. De contributie bedraagt fl. 60,--.

Studenten aan universiteiten en hogescholen komen bij gevorderde studie in aanmerking voor een junior-lidmaatschap, waarbij 50% reductie wordt verleend op de contributie. Op aanvraag kan deze reductie ook aan anderen worden verleend.

HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt zesmaal per jaar. Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica en van de telecommunicatie.

Auteurs die publicatie van hun wetenschappelijk werk in het tijdschrift wensen, wordt verzocht in een vroeg stadium kontakt op te nemen met de voorzitter van de redactie commissie.

De teksten moeten, getypt op door de redactie verstrekte tekstbladen, geheel persklaar voor de offsetdruk worden ingezonden.

De abonnementsprijs van het tijdschrift bedraagt f 60,--. Aan leden wordt het tijdschrift kosteloos toegestuurd.

Tarieven en verdere inlichtingen over advertenties worden op aanvrage verstrekt door de voorzitter van de redactiecommissie.

DE EXAMENS

De door het Genootschap ingestelde examens worden afgenomen in samenwerking met de "Vereniging tot bevordering van Elektrotechnisch Vakonderwijs in Nederland (V.E.V.)". Het betreft de examens:

a. op lager technisch niveau: "Elektronica monteur N.E.R.G.";
b. op middelbaar technisch niveau: "Middelbaar Elektronica technicus N.E.R.G.".

Voor deelname, inlichtingen omtrent exameneisen, reglement, en uitgewerkte opgaven wende men zich tot het Centraal Bureau van de V.E.V., Barneveldseweg 39, 3862 PB Nijkerk; tel. 03494 - 4844.

TER GELEGENHEID VAN HET AFSCHEID VAN PROF. DR. IR. J. GELUK

TECHNISCHE HOGESCHOOL DELFT
27 februari 1981

Bij een afscheid is het uitgangspunt wat lastig
En toont ook mijn vocabulaire zich wat weerbarstig;
Wenst men de afscheidnemer nu geluk, dat het werk goed is volbracht?
Of is het geluk bedoeld voor de jaren, die hem nog zijn toegedacht?
Of, in mineur, wenst men hem sterkte voor wat komen gaat?
Of, als troost, stemt men hem dankbaar voor de jaren, die hij achterlaat?

Maar dé Geluk, toehoorders, zondert men van zo'n gelukwenst uit,
Hij personifieert het immers al, sterker nog, hij straalt het uit.
En daarbij straalt hij niet slechts op maar één frequentie hoor
Welnee hij benut er een "spread spectrum" voor.
Dit vermogen werd ook bij de WARC weer manifest,
Want voor de spreiding van het bereikte resultaat deed hij erg zijn best.
Geëngageerd heeft hij zich in Genève ingezet voor de verdeling
En evenmin als Joop Den Uyl kende hij daarna één moment van verveling.
Mocht een enkeling hem dit spectrumbeslag toch euvel duiden,
Hij moge bedenken hoe de transformaties van Fourier wel luiden.
Zoals Fourier immers heeft bewezen is een zeer breed spectrum aequivalent
Met de tijdsduur van een ondeelbaar kort moment.
Hetgeen betekent, dat men soms met weinig woorden toch veel zeggen kan
En dát Toehoorders, is het prerogatief van een erudiete man.

Op zijn colleges wist Prof. Geluk zijn gehoor zeer te stimuleren.
Soms hoorde men er zelfs een ad-hoc orkestje musiceren.
Met verve doceerde hij er de Omroeptechniek,
Zich daarbij niet beperkend tot ons vak: Elektrotechniek.
Aanschouwelijk bestreek hij immers ook het zien en de optiek
Daarnaast trilling van snaar, fluit en pijp, het gehoor en de akoustiek.
Sommige studenten wisten van deze zaken niet zoveel.
Misten zij de kernvakken van een KronigZwikker of Van Heel?

Geboeid heb ik ook geluisterd naar zijn interessante explicatie
Van de grote vorderingen in zijn vak: de Communicatie.
De videoplaat, de digitale omroep, teletekst en viditel
En natuurlijk ook de laatste nieuwtjes uit ons omroepbestel.
Met zijn waardering voor de goede kanten van het leven
Zag hij tot zijn spijt heel wat aan stijl en mores sneven
Kostuum of jacket maakten plaats voor spijkerbroek en trui,
Ook de toga bleef vaak in de kast; democratisch of toch liever lui?
En voor de door de vorige dekaan ingestelde lunch voor docenten
Zo nuttig voor het vertikaal kontakt, ontbreken nu de centen.
Ergo diende men zichzelf te voorzien bij de kantine
En met dienblad deel te nemen aan een processie-discipline.
De chloorlap vaak ontijdig aangewend om eettafels te ontsmetten,
Blijkt een probaat middel om de eetlust te beletten.
Maar anderzijds is het toch ook weer waar;
Docent en student groeien zo demokratisch tot elkaar.

Naast de humor van de hooggeleerde
Waren het zijn speelse invallen, die ik waardeerde.
Dit mocht onlangs weer eens blijken
Toen wij bij Marion's huwelijk kwamen kijken.
Terwijl de fotograaf het bruidspaar schikte voor het obligate plaatje
En de gasten zich in 't Hof vermijdden met een gezellig praatje,
Zag hij in gedachten reeds het jeugdig bruidspaar
Op de tonen van het orgel statig schrijden naar het altaar.
Maar wat hij wérkelijk hoorde was het orgel van de nabije Waalse kerk,
Want daar was toevallig juist de organist aan het werk.
Een speelse inval, een twinkeltje in zijn ogen
En samen zijn wij naar de Waalse kerk getogen.
Even later zat hij trots aan het klavier
En bespeelde het regeerwerk met kennelijk plezier.
Welluidend zweefden hoge en lage tonen door het kerkgebouw,
Als ware het een groet aan de daar bijgezette Emilia van Nassau.

Drie en veertig jaar activiteit bij omroep en onderwijs
Vormen van zijn creatief leven een duidelijk bewijs.
Veel droeg hij bij aan de registratie van geluid.
Door zijn stuwkracht kwam ook een nieuwe norm voor de cassette uit.
Dit doosje voor preciosa verdient zijn naam terecht,
Daar er menig kostelijk moment zo eenvoudig mee kan worden vastgelegd.
Ook onderscheidde hij zich met zaalakoustiek en stereofonie
Hetgeen leidde tot de schepping van het kunsthoofd en een nieuwe ruimtelijke harmonie
Die stereofonie kon aanvankelijk slechts de luisteraars van Lopik nog bereiken,
Want het kabelnet stond toen niet toe ook de rest van Nederland te bestrijken.
Maar toen werd door van der Heide en Geluk de Geluksmodulator uitgevonden,
Zodat de stereo voortaan via straalverbindingen ook door steunzenders werd uitgezonden.

Dank zij de bereikte kleine distorsie tolerantie werden grote afstanden overbrugd
En zo kwam in 1966 voor het eerst stereo uit Nederland in Oslo door de lucht,
Zijn werk gaf Geluk nog een claim
En wel op de ontwikkeling van ZW-TV en het Palysysteem.
U ziet, een leven gewijd aan de verspreiding van kennis
Maar ook nog tijd voor zeilen en een partijtje tennis.

De Wereldomroep is een omroep zonder leden, zuilen en luistergeld.
Wellicht een reden, dat onze overzeese landgenoten er zo op zijn gesteld.
Maar natuurlijk zijn daar ook wel eens problemen,
Die beslissingen doorkruisen, die men graag wil nemen.
Zo kwam een milieugroep, die vreesde voor de melkopbrengst van koeien
Zich onlangs met het plan voor een nieuw zenderpark in Zeeland bemoeien.
Het plan raakte toen spoedig van de kaart.
Was die koeien dan wat extra warmte niets waard?

Naar verluidt is Geluk zich nu gaan interesseren
Voor het broadcasten uit hoger sferen.
De Hemelse omroep heeft hij het genoemd,
Wie weet wordt die naam nog wel beroemd.
En uit Genève werd onlangs nog gemeld,
Dat binnenkort de eerste geostationaire parkeerwachter wordt aangesteld.

Tekst: Prof.Ir. E.Goldbohm
Foto's: fotodienst afdeling E van THD.



Afscheidscollege door Prof.Dr.Ir. J. Geluk



Toespraak van Rector magnificus prof.ir. B.P.Th. Veltman



Tweemaal een blik in de zaal.



CONSEQUENTIES VAN DE ELEKTRONISCHE REVOLUTIE VOOR HET ONDERWIJS

Prof.dr.ir. J. Davidse
Technische Hogeschool Delft

The impact of the electronic revolution on education. The fast proliferation of electronic information processing systems resulting from the rapid development of microelectronic technology, involves profound social and cultural effects. Since preparation for social and cultural participation is the basic vocation of education, it has to respond to the challenge brought about by the changing cultural environment. Professional education is confronted with the need to train for new skills, whereas, training for skills that loose their value should be abandoned. In basic education emphasis should be laid on the indivisibility of human culture that includes humanities as well as science and technology. In addition practical needs of the future society should be anticipated. It is a fortunate circumstance that electronic technology helps to bridge the gap by providing new powerful teaching aids. In particular the combination of computer assisted instruction and the application of audiovisual media seems to hold promise.

1. Inleiding

Het thema van dit symposium is "Elektronica in onderwijs". Eigenlijk een merkwaardig onderwerp voor een bijeenkomst van verenigingen wier leden van de elektronica hun beroep maken en waarvan men eerder zou verwachten dat ze warm lopen voor het omgekeerde onderwerp: "onderwijs in de elektronica". Ook uw spreker moet bekennen zich in deze voor hem omgekeerde wereld niet zo gemakkelijk te oriënteren als in de naar zijn besef rechtopstaande wereld van het onderwijs in de elektronica. Maar de keuze van dit thema is wel een duidelijk teken van een toenemend besef dat de maatschappelijke consequenties van zijn vakmanschap de technicus niet onberoerd kunnen en mogen laten.

Het aangereikte thema bestrijkt een zeer breed terrein en het lijkt niet goed mogelijk alle er toe behorende aspecten enigszins recht te doen wedervaren. In de meeste voordrachten van dit symposium staat de computer, en met name het gebruik daarvan als hulpmiddel bij het onderwijs, centraal. De groeiende beschikbaarheid van computers is zonder twijfel een belangrijk aspect van de explosieve groei van de elektronische techniek en de daaruit voortspruitende toepassingen, maar het is niet het enige. Gefascineerd als men mag zijn door de vele gebruiksmogelijkheden van de moderne computer, moet men niet de betekenis van vele andere ontwikkelingen in de elektronische techniek over het hoofd zien. Daarbij valt vooral te denken aan de communicatietechniek in het algemeen en in het bijzonder aan de audio- en videotechniek, met inbegrip van de daartoe te rekenen systemen voor de opslag en weergave van geluids- en beeldinformatie. Willen we eenzijdigheid vermijden, dan moeten we het vertrekpunt voor onze overwegingen vinden in het gemeenschappelijke element in alle voortbrengselen van de elektronische technologie.

2. Informatietechniek en onderwijs

Gemeenschappelijk aan alle elektronische systemen is hun vermogen tot het bewerken, transporteren en opslaan van informatie, in het kort manipulatie van informatie. De elektronische informatietechniek is nog maar ongeveer driekwart eeuw oud, maar zij is de voortzetting van de informatietechniek in het algemeen en daarmee onderdeel en recente uitloop van een eeuwenlange ontwikkeling. In een vroegere beschouwing [1] heb ik als markante momenten in de geschiedenis van het menselijk vermogen tot informatiebeheersing genoemd de ontwikkeling van de gearticuleerde spraak, het schriftsysteem en de boekdrukkunst. Alle hadden ze verstrekkende maatschappelijke en culturele consequenties en alleen al daarom hadden ze ook grote gevolgen voor het onderwijs dat immers beoogt de nieuwe generatie op te voeden tot haar functioneren in de samenleving. Maar ook op een ander vlak hadden ze grote invloed op het onderwijs: de genoemde nieuwe verworvenheden droegen ook belangrijke nieuwemiddelen aan ter ondersteuning van het onderwijsproces. Zo verminderde de door de ontwikkeling van het schriftsysteem en van het schrijfgereedschap ter beschikking komende technische realisatie van de geheugenfunctie, de betekenis van het memoriseren in aanzienlijke mate. Men kan zich voorstellen dat dit inderdaad een omwenteling op onderwijsgebied met zich meebracht. De boekdrukkunst bracht de massale verspreiding van kennis in de vorm van leer- en handboeken. Terzijde: typerend voor het behoudend karakter van het onderwijs gedurende alle eeuwen is dat, hoewel de zoëven genoemde verworvenheden reeds zeer lang niet meer zijn weg te denken uit het onderwijs, tot op de huidige dag nog reserves bestaan ten aanzien van hun volledige erkenning. Nog altijd wordt relatief veel waarde gehecht aan memoriseren, getuige het feit dat bij de meeste examens het raadplegen van boeken taboe is. En vele docenten, waaronder ook universitaire, beschouwen het

maken van notities of zelfs volledige dictaten tijdens hun onderwijs als essentieel voor het onderwijsproces, daarmee in feite de zegen van de boekdrukkunst op in het oog lopende wijze relativerend.

Als we ons nu richten op de consequenties voor het onderwijs van de jongste evolutie in de menselijke informatiebeheersing, de komst van de elektronische informatietechnische middelen, dan treffen we ook hier weer die twee aspecten van de interactie tussen een nieuwe doorbraak en het onderwijs aan. Enerzijds leiden de maatschappelijke veranderingen die op gang komen tot nieuwe onderwijsdoelstellingen, anderzijds draagt de nieuwe techniek nieuwe hulpmiddelen voor het onderwijs aan. Een gebalanceerde bezinning op het thema dat ons bezighoudt dient beide genoemde aspecten recht te doen wedervaren.

3. Het beroepsonderwijs

Richten we ons eerst op het eerstgenoemde aspect: veranderingen in de samenleving hebben consequenties voor het onderwijs. De invoering van op elektronische technieken gebaseerde informatieverwerkende apparatuur heeft een verstrekkende invloed op de samenleving. Hoewel dit proces zich al tientallen jaren voltrekt, manifesteert het zich gedurende de laatste jaren op zeer indringende wijze. Dit is een gevolg van het feit dat de elektronische techniek zich sinds een tiental jaren in een adembenemende stroomversnelling bevindt, als gevolg van de komst van de micro-elektronica. Omdat het aantal denkbare en bruikbare toepassingen van deze techniek schier eindeloos is en omdat deze het mogelijk maakt zeer complexe functies te realiseren met een extreem geringe inzet aan materiaal en energie, liggen de grenzen van de groei nog ver buiten de horizon. De kosten per te realiseren functie zijn zo gering dat ook economische beperkingen nauwelijks een remmende invloed uitoefenen. De invoering op grote schaal van de voortbrengselen van de micro-elektronica zal de inhoud van vele beroepsactiviteiten op drastische wijze beïnvloeden. Vele beroepsgroepen zullen zich geconfronteerd zien met de gevolgen van deze informatietechnische revolutie. Dat dit grote gevolgen heeft voor het beroepsonderwijs is evident. In vele gevallen zal dit onderwijs zich moeten instellen op het bijbrengen van geheel nieuwe vaardigheden, terwijl sommige vroeger belangrijke vaardigheden niet langer aangeleerd behoeven te worden. Dit geldt zowel voor het onderwijs dat voorbereidt op technische beroepen als voor het onderwijs dat zich richt op dienstverlenende beroepen. Om enkele voorbeelden te noemen: horlogemakers zullen, willen ze het hoofd boven water houden, in staat moeten zijn om te gaan met elektronische horloges, terwijl de reparatie van mechanische horloges zich in de toekomst zal beperken tot de antiekbranche. Soortgelijke opmerkingen zijn te maken voor de bedrijfstakken die zich bezig houden met de installatie en reparatie van zaken als schrijfmachines, kasregisters, weegschalen, beveiligingsapparatuur, en dergelijke.

In de autobranche zal een grote hoeveelheid elektronica doordringen en ook hier zal de opleiding op de voor deze beroepsgroep geheel nieuwe techniek moeten inspelen.

De opleidingen voor administratieve functies zullen de enorme profileratie van elektronische apparatuur in de kantoorwereld in hun onderwijsprogramma moeten verwerken. Het "paperless office" van de toekomst vraagt om andere vaardigheden dan die welke van belang zijn in het klassieke kantoor dat voor zijn functioneren is aangewezen op de verwerking van grote hoeveelheden papier. Men denke verder aan huishoudscholen, scholen voor de opleiding van winkelpersoneel, opleidingen voor functies in de gezondheidszorg en zelfs voor functies in de agrarische sector. Wanneer men enigszins nauwgezet de behoeften inventariseert komt men tot de ontdekking dat er nauwelijks beroepsopleidingen zijn die niet beroerd worden door de gevolgen van de elektronische revolutie.

Men onderschatte de problemen die zich voordoen bij de aanpassing van de bestaande opleidingsprogramma's aan de nieuwe eisen niet. We mogen aannemen dat in het onderwijsveld zeker de goede wil voorhanden is om met de tijd mee te gaan. Maar hoe onmisbaar deze goede wil ook is, zij is niet voldoende. Het obstakel op de weg naar verwezenlijking van de gewenste toestand wordt niet gevormd door onwil, maar door onmacht. De huidige docenten behoren tot een andere generatie. Hun opleiding was georiënteerd op een toekomst die thans verleden tijd is. Dit probleem heeft zich nooit eerder voorgedaan in de mate waarin het zich thans presenteert. Het onderwijs heeft zich altijd wel weten aan te passen aan nieuwe ontwikkelingen, maar nooit was de gevraagde aanpassingssnelheid zo groot als thans het geval is. Er kan dit keer niet, zoals vroeger wel het geval was, gewacht worden tot een nieuwe generatie van docenten aantreedt.

Het behoeft geen betoog dat het doorbreken van de barrière van levensbelang is. Niet alleen is het opleiden voor niet langer bestaande functies en het bijbrengen van niet langer gevraagde vaardigheden inefficiënt, veel erger is dat het frustrerend is voor degenen die zulke opleidingen volgen en vervolgens moeten ervaren dat hun inspanningen zinloos zijn geweest. Deze maatschappelijke schade overtreft verre de economische schade.

Wat kan er gedaan worden om een onaanvaardbare achterstand in het beroepsonderwijs te voorkomen? Als het juist is dat het probleem bepaald wordt door onmacht en niet door onwil, en het is mijn stellige overtuiging dat dit zo is, dan lijkt zich een begaanbare weg af te tekenen. Een eerste essentieel punt is dat de nieuwe behoeften van de beroepsuitoefening nauwkeurig worden onderkend. Daartoe is intensief contact tussen het beroepsonderwijs en de beroepswereld absoluut noodzakelijk. Voor zover er reeds contacten bestaan kan men die uitbouwen, maar in vele beroepsgroepen zullen ze waarschijnlijk vrijwel van de grond af moeten worden opgebouwd. Op dit punt mag men niet karig zijn met het verschaffen van faciliteiten. Wanneer

via deze wederzijdse consultatie een goed beeld is verkregen van de behoeften en op basis daarvan de nieuwe onderwijsdoelstellingen zijn geformuleerd, is het volgende essentiële punt de produktie van het juiste studiemateriaal. Het is mijn persoonlijke overtuiging dat men voor het schrijven van een aansprekend leerboek een beroep moet doen op één of twee auteurs met een bijzondere begaafdheid voor dit soort creatieve werkzaamheid, en dat men niet een commissie aan het werk moet zetten. Het werk van commissies is meestal wel zeer verantwoord, maar het straalt zelden originaliteit en persoonlijkheid uit. En laatstgenoemde eigenschappen zijn even onontbeerlijk als een zakelijk verantwoorde inhoud. De ervaring leert dat, als er goed en aansprekend studiemateriaal voorhanden is, dit in hoge mate docenten helpt hun angst voor het nieuwe te doorbreken. Een goede aanvulling kan vervolgens geboden worden door korte nascholingscursussen. Niet alleen zullen deze verder bijdragen tot het vertrouwd maken met de nieuwe leerstof, zij zullen ook fungeren als trefpunt voor gelijkgezinden.

Een aanpak als in het voorgaande geschetst komt niet vanzelf van de grond. Zij moet bewust gestimuleerd worden en er moet gezorgd worden voor een infrastructuur waarin zij kan gedijen. Het wil mij voorkomen dat vooral op dit punt het Departement van Onderwijs en Wetenschappen een bijdrage kan leveren.

4. Het algemeen vormend onderwijs

Richten we nu onze aandacht op het algemeen vormend onderwijs. Hier is het probleem naar mijn mening wezenlijk moeilijker. Het doel van dit onderwijs is voorbereiding op algemeen maatschappelijk functioneren. Een belangrijk aspect daarin is dat de jonge mens leert de hem omringende werkelijkheid te ervaren als zijn eigen werkelijkheid. In het culturele en maatschappelijke milieu van de nabije toekomst zullen de nieuwe middelen voor de beheersing van informatie een dominante positie innemen. Deze middelen zijn de vrucht van natuurwetenschappelijke en technisch wetenschappelijke inspanning. De Europese cultuur heeft er altijd moeite mee gehad deze wetenschappen als wezenlijke elementen van haar culturele erfdeel te percipiëren. Daardoor wordt de ontwikkeling van het technisch kunnen en handelen goeddeels ervaren als een in feite buiten het cultureel perspectief vallend autonoom natuurverschijnsel. Eén van de gevolgen is de merkwaardig tweeslachtige houding van veel mensen ten opzichte van de voortgang van het technisch kunnen. Enerzijds voelt men zich bedreigd door de macht van de techniek en de technici. Omdat men voortdurend geconfronteerd wordt met onverwachte nieuwe blijken van wat men ervaart als technische magie, heeft men het gevoel de situatie niet meer te kunnen overzien, en daarmee gaandeweg in een maatschappelijk isolement te geraken. Anderzijds heeft men een soms bijna onbeperkt vertrouwen in de techniek. Als er ten gevolge van een menselijke fout een treinongeluk gebeurt roept men om versnelde invoering van automatische treinbeveiliging. Men tracht zich te beschermen tegen indringers met allerlei technische systemen. En slechts weinigen zijn bereid afstand te doen van zelfs de niet levensnoodzakelijke, maar wel comfort brengende voortbrengselen van de techniek. De houding ten opzichte van de techniek en haar voortbrengselen wordt gekenmerkt door een irrationele mix van afkeer en verknochtheid. Leven met de techniek wordt ervaren als een soort gedwongen concubinaat. Men roept om een maatschappelijke discussie, maar is onmachtig om deze op gang te brengen, laat staan te voeren, omdat men veelal geen notie heeft van zelfs de elementaire grondslagen van op natuurwetenschappelijk inzicht gefundeerd technisch handelen. Homo sapiens en homo faber herkennen zich niet als twee zielen in één lichaam. De beoefenaars van de technische wetenschappen gaan overigens niet vrijuit in deze dichotomie van de humane cultuur. Zij hebben zich veel te gemakkelijk in het isolement laten drijven en ze hebben zich zonder veel protest laten opsluiten in hun goed geoutilleerde laboratoria van waaruit ze hun omgeving op onverwachte momenten verrassen met hun nieuwe vondsten. Bij een vorige gelegenheid [2] heb ik getracht het isolement van natuurwetenschap en daarop gefundeerde technische wetenschap nader te analyseren en de gevaren daarvan te belichten. Ik volsta thans met de conclusie dat we hier te doen hebben met een ernstige weeffout in ons cultuurpatroon en dat het algemeen vormend onderwijs een sleutelpositie inneemt in het dringend noodzakelijke streven naar een meer evenwichtige waardering van cultuurbepalende elementen. Het gaat daarbij niet om het concipiëren van één of meer nieuwe schoolvakken, maar om het ontwikkelen van een nieuwe grondhouding ten opzichte van het opvoeden van de jonge generatie tot het deelhebben aan de menselijke cultuur.

Daarnaast is er echter nog meer nodig. Zoals het beroepsonderwijs geconfronteerd wordt met de behoefte aan nieuwe vaardigheden in de beroepssfeer en met het waardeverlies van bestaande vaardigheden, zo heeft ook het algemeen vormend onderwijs te maken met verschuivingen in de waardering van vaardig- en kundigheden. Men behoeft geen helderziende te zijn om vast te stellen dat rekenvaardigheid in de nabije toekomst minder in tel zal zijn dan vroeger het geval was. Het heeft geen enkele zin grote nadruk te leggen op het ontwikkelen van vaardigheid in foutloos rekenen als in de praktijk van elke dag het rekenwerk wordt overgelaten aan de overvloedig aanwezig elektronische rekenapparatuur. Velen vrezen dat hierdoor het gevoel voor getal en maat zal verdwijnen. Ik vermoed echter dat men de ontwikkeling van numerieke intuïtie niet kan veiligstellen door middel van eindeloze routinematige rekenoefeningen. Deze routine verdwijnt, of men dit nu leuk vindt of niet, zodra de jeugdige rekenaar de mogelijkheden van de zakrekenmachine ontdekt. Wie regelmatig in contact is met de schoolgaande jeugd kan dit moeiteloos vaststellen. Veel verstandiger lijkt het daarom

de grote hoeveelheid tijd die vrij komt als men het bijbrengen van rekenroutine drastisch beperkt, te benutten voor het bijbrengen van samenhangend inzicht in rekenkundige processen, in het leren taxeren van grootteordes, in het doordringen in de essentie van het denken in termen van tal en maat. In plaats van het eindeloos op routine gebaseerd toepassen van rekenkundige algorithmen stelle men het leren doordringen tot de methodiek van het algorithmisch denken, het zodanig ordenen van processen dat men daarop formuleerbare logische operaties kan uitvoeren. Ook in het talenonderwijs kan een accentverschuiving optreden. Taalonderricht dat als hoofddoel heeft de verwerving van een eenvoudig vocabulaire voor elementaire communicatie, zal aan betekenis verliezen als eenvoudige vertaalapparatuur tot de dagelijkse gebruiksgoederen gaat behoren. In de vrijkomende tijd kan meer aandacht besteed worden aan de wezenlijke functie van de taal als middel om gedachten te ordenen, taal als onmisbaar voertuig voor het structureren van het menselijk denken. Daarmee kan tevens aansluiting gevonden worden op de betekenis en de structuur van kunsttalen en hun functie in de communicatie tussen mens en machine. En zoals lezen moet worden geleerd om met boeken te kunnen omgaan, zal geleerd moeten worden hoe men moet omgaan met de nieuwe informatieverwerkende apparatuur en de daaromheen gegroepeerde media.

Bij de beschouwing van het beroepsonderwijs kwam de vraag aan de orde hoe de weg moet worden gevonden naar nieuwe vormen en een nieuwe inhoud. Twee zaken kwamen daarbij naar voren: sterke contacten tussen het onderwijsveld en de beroepswereld en de totstandkoming van optimaal studiemateriaal. Ten aanzien van het algemeen vormend onderwijs is deze weg veel moeilijker begaanbaar. Het algemeen vormend onderwijs heeft vanouds weinig directe contacten gehad met de samenleving in de breedte. De onderwijswereld is een vrij sterk geïsoleerde gemeenschap die traditioneel nogal traag reageert op de ontwikkelingen in de samenleving. Toch zou ik willen pleiten voor een aanpak die overeenkomt met die welke bruikbaar lijkt voor het beroepsonderwijs. Aan de basis kan het contact zich wellicht ontwikkelen middels de inbreng van besturen en oudercommissies. Maar zo kom je niet tot een enigszins uniforme structuur van het onderwijs en die moet er wel zijn. Anderzijds zal een zonder meer van boven af opgelegde herstructurering evenmin een begaanbare uitweg bieden. Niet alleen is het onwaarschijnlijk dat een buiten het onderwijsveld staand orgaan in staat zou zijn de juiste oriëntatie aan te reiken, het is evenmin aannemelijk dat het de medewerking van de onderwijswereld zou weten te mobiliseren. Ik zie het meest in vrije interactie tussen school en maatschappij, waarbij de overheid vooral kan bijdragen door het scheppen van een infrastructuur die deze interactie aanmoedigt. Ook hier is naar mijn mening een sleutelgegeven dat de situatie veel meer gekenmerkt wordt door onmacht dan door onwil. Als deze vaststelling juist is, moet de bestrijding van deze onmacht de eerste prioriteit hebben.

5. Elektronische technologie ten behoeve van het onderwijs

Het eerste onderdeel van de in de aanhef van mijn voordracht geschetste toestandsbeschrijving: de gevolgen van de ontwikkeling van de informatietechniek voor de samenleving en in het verlengde daarvan voor het onderwijs, is in het voorgaande voldoende belicht. Ik ben hierover vrij uitvoerig geweest omdat het tweede onderdeel - de bijdrage die de nieuwe middelen kunnen leveren aan de realisatie van het onderwijs - in de volgende voordrachten nog ruimschoots aan zijn trekken zal komen. Maar dit weerhoudt mij er niet van, terwille van de evenwichtigheid van mijn betoog, te trachten ook hierover enige gedachten bij te dragen. We merkten al op dat de komst van de boekdrukkunst het onderwijs nieuwe middelen verschaft heeft waarvan zonder overdrijving gezegd mag worden dat ze het onderwijs een geheel ander aanzien hebben gegeven. Het leerboek en het handboek zijn niet meer weg te denken uit het onderwijs. In termen van de informatietechnologie vervult het boek in hoofdzaak een geheugenfunctie. Door zijn aard leent het zich slechts in beperkte mate voor interactief gebruik. Dit laatste is overigens niet onmogelijk. Een typisch voorbeeld van een soort boek met interactieve aspecten is een determineerboek, bijvoorbeeld voor het identificeren van planten. Kenmerkend voor de inrichting is de organisatie in de vorm van een zoekboom. Zo'n flora is veel meer een handboek dan een leerboek, maar ook het leerboek kan op interactieve basis worden opgebouwd. Praktisch hebben geprogrammeerde leerboeken echter tot nog toe niet veel succes gehad. Dit kan een waarschuwing zijn om niet al te hooggespannen verwachtingen te koesteren van interactieve toepassingen van de elektronische hulpmiddelen voor het onderwijs. Anderzijds moet bedacht worden dat de flexibiliteit van een goede combinatie van elektronische media zeer veel groter is dan die van een gedrukte tekst ten behoeve van geprogrammeerd onderwijs. De beste kansen voor het bereiken van een optimale interactiviteit biedt, naar het zich laat aanzien, een combinatie van de computer met audiovisuele media, in de vorm van beeld- en geluidsplaten en banden. Dat zo'n combinatie interessante mogelijkheden biedt, blijkt wel uit het werk van dr. Kroon en zijn medewerkers, dat vanmiddag in dit symposium voor het voetlicht zal worden gebracht. Het cruciale punt lijkt te zijn dat zo'n aanpak via integratie van de potentie van de computer en die van audiovisuele middelen een beroep doet op de gehele mens. Oog en oor worden ingeschakeld bij de verwerving van de leerstof. Wanneer hoofd en hand responderen reageert het systeem onmiddellijk, waarmee een interactiviteit tot stand komt die bij de reeds langer bestaande middelen, inclusief talenpractica en dergelijke, nog niet mogelijk was. Interactiviteit houdt in dat de configuratie specifiek

reageert op het gedrag van de gebruiker. Daartoe moet dit gedrag, zoals dit tot uiting komt in de snelheid en de wijze van responderen op aangeboden problemen, door de computer geanalyseerd worden. Dit is wat ook door de menselijke docent gedaan wordt. Hiermee wil overigens niet gesuggereerd zijn dat met een goed uitgekiend computerprogramma, versterkt met audiovisuele presentaties, de menselijke docent overbodig wordt. De leersituatie omvat meer dan alleen kennisoverdracht; onderwijs is ook een sociaal gebeuren en dit aspect van de onderwijssituatie komt bij gecomputeriseerd onderwijs uiteraard niet aan zijn trekken.

Wie zijn oor te luisteren legt in kringen van bij het onderwijs betrokkenen verneemt niet zelden de opvatting dat noch van computer-assisted instruction, noch van het gebruik van audiovisuele apparatuur, veel te verwachten is ten behoeve van het onderwijs. Men verwijst gaarne naar tegenvallende ervaringen met talenpractica en naar het schaarse aanbod aan goede onderwijsfilms. Wat dit laatste betreft: film is een weinig flexibel en in het geheel niet interactief medium, waarvan bovendien de produktiekosten zeer hoog zijn. Daardoor is film alleen bruikbaar in zeer speciale gevallen. Wat de talenpractica betreft: de interactiviteit van deze hulpmiddelen is beperkt en strekt zich niet uit tot het juist zo belangrijke aspect van de mondelinge expressie. Een niet te verwaarlozen component in de reserves ten aanzien van nieuwe middelen zou overigens wel eens de angst voor het nieuwe en onbekende kunnen zijn: het is altijd goed gegaan met de vertrouwde hulpmiddelen en waarom moet het nu zonodig weer anders worden gedaan? Is een goed leerboek niet goed genoeg? Nu, het is zeker waar dat het goede leerboek een zeer grote bijdrage levert aan het onderwijs. Laten we eens nagaan wat het leerboek tot zo'n bruikbaar hulpmiddel maakt. Ik denk dat de volgende punten van belang zijn. Het leerboek is een typisch "random access" geheugen. Je kunt er in bladeren en je kunt er dingen in opzoeken. Erg belangrijk is dat het uitstekend transportabel is en bijna overal bruikbaar. Behalve voldoende verlichting is er geen uitwendige energiebron nodig. Je kunt het raadplegen in de trein, in bed of zo je wilt zelfs in het bad. Je kunt er verder aantekeningen in maken en je kunt bepaalde tekstdelen markeren, kortom je kunt er je eigen identiteit aan toevoegen. Elektronische leermiddelen zijn tot nog toe in het algemeen zeer beperkt transportabel en ze zijn aangewezen op de toevoer van elektrische energie. Het is ook niet waarschijnlijk dat hier spoedig verandering in zal komen. Het zwakke punt is met name het visuele weergeefsysteem. Beeldstations en tv-monitoren zijn volumineuze elementen en de resolutie is vrij beperkt. Er bestaat grote behoefte aan een eenvoudig transportabel visueel weergeefsysteem met hoge resolutie, en dat niet alleen ten behoeve van elektronische leermiddelen. Er is echter geen uitzicht op een spoedige technologische doorbraak in deze sector. Zolang in dit opzicht de situatie niet wezenlijk verbetert, zal de toepassing van de elektronische media beperkt blijven en zal het papier als informatiedrager niet verdrongen worden. Deze fundamentele beperking moeten we ons goed realiseren. Zij is bepalend voor het toepassingsgebied van de nieuwe onderwijsmedia. De situatie lijkt vergelijkbaar met die van de beschikbaarheid van boeken vóór de algemene verbreiding van de boekdrukkunst, toen boeken alleen in bibliotheken geraadpleegd konden worden.

Toch lijkt, ondanks deze fundamentele beperking, de bewering te verantwoorden dat de nieuwe media zulke grote mogelijkheden bieden dat ze, mits gebruikt op een wijze die past bij hun aard en hun beperkingen, een waardevolle bijdrage kunnen leveren tot de verwezenlijking van goed onderwijs. Daarbij dient men te bedenken dat technische hulpmiddelen voor het onderwijs, daaronder begrepen het leerboek, slechts onderwijsdoelstellingen kunnen dienen die van cognitieve aard zijn. Affectieve en motorische aspecten vallen geheel of bijna geheel buiten het gezichtsveld. Dat de sociale aspecten van de onderwijssituatie er niet mee aan hun trekken komen stelden we reeds eerder vast. Omdat in elk type onderwijs affectieve, motorische en sociale aspecten mede van belang zijn kan de docent, ook in de toekomst, niet gemist worden. Bij vormen van onderwijs waarbij het bijbrengen van vaardigheden van cognitieve aard een zeer ondergeschikte rol speelt, is de toepassingsmogelijkheid van de elektronische media zeer beperkt. Men kan zich voorstellen dat met name de videotechnische hulpmiddelen nog wel enige bijdrage kunnen leveren in de zin van het "voordoen" van motorische vaardigheden. Zo kan wellicht een rijschool of een muziekschool nog wel enig profijt trekken van deze middelen, maar hun bijdrage aan bijvoorbeeld zwemonderricht lijkt wel uiterst beperkt te zullen zijn. Naarmate het cognitieve aspect domineert is de bruikbaarheid groter. Een vak als wiskunde leent zich er beter voor dan een vak als geschiedenis en dat weer beter dan maatschappijleer.

Het voorgaande overwegende zult u wellicht tot de conclusie komen dat de beperkingen zo groot en van zo fundamentele aard zijn, dat we maar niet te veel inspanning moeten investeren in de ontwikkeling van op elektronische techniek gebaseerde hulpmiddelen voor het onderwijs. Toch is het niet mijn bedoeling geweest u tot deze conclusie te voeren. Ik denk dat er vele terreinen zijn waarop reeds nu een belangrijke bijdrage mogelijk is. En wanneer eenmaal de techniek der weergeefsystemen zo ver gevorderd zal zijn dat het gemakkelijk transportabele, overal bruikbare visuele weergeefsysteem werkelijkheid is geworden, zal de bruikbaarheid der nieuwe middelen die van het thans alomtegenwoordige boek zeker overtreffen. Toegegeven moet worden dat het er niet naar uitziet dat deze technische doorbraak op korte termijn zal optreden. Intussen is het echter alleszins de moeite waard de thans beschikbare middelen tot optimale ontwikkeling te brengen. Het is om deze reden een goed initiatief van de organisa-

toren van dit symposium om eens stil te staan bij wat inmiddels bereikt is en bij wat we verder willen bereiken.

6. Conclusies

Laat ik, aan het einde gekomen van mijn bijdrage tot dit symposium de belangrijkste conclusies in het kort samenvatten.

De introductie op grote schaal van elektronische informatieverwerkende apparatuur leidt tot aanzienlijke maatschappelijke en culturele veranderingen. Het onderwijs staat voor de taak de jonge mens voor te bereiden op zijn of haar maatschappelijk functioneren. Het beroepsonderwijs krijgt te maken met nieuwe doelstellingen, die in samenspraak met de beroepswereld dienen te worden ontwikkeld. Het algemeen vormend onderwijs moet zich richten op een evenwichtig cultureel perspectief, waarin natuurwetenschap en technische wetenschap zich als geïntegreerde bestanddelen manifesteren. Dit vereist een daarbij passende attitude en een aan de nieuwe behoeften aangepaste inhoud van het onderwijs.

De door de elektronische informatietechniek geschapen media kunnen een waardevolle bijdrage leveren tot het realiseren van dit onderwijs. En mede met het oog op toekomstige technische ontwikkelingen is het zinvol reeds nu de bruikbaarheid van deze onderwijsmedia te verkennen en waar mogelijk te exploreren.

Literatuurverwijzingen

[1] Leren voor een leven met micro-elektronica, in "Chips en Werk", Technische Hogeschool Twente, 1979, blz. 102-108.

[2] Micro-elektronica en het onderwijs, in Weekblad van het Nederlands Genootschap voor Leraren, 13, 21 (22 januari 1981), blz. 917-923.

Voordracht gehouden op 19 februari 1981 op de THD, tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (nr. 295), Sectie Telecommunicatietechniek KIvI en de Benelux Sectie IEEE.

DOELMATIGHEIDS-ASPECTEN VAN COMPUTERGESTUURD ONDERWIJS

Ir. K.D.J.M. van der Drift
Bureau Onderzoek van Onderwijs
Rijksuniversiteit Leiden

Cost-Effectiveness of Computer Assisted Instruction

This lecture deals with several aspects of cost-effectiveness of computer assisted instruction (CAI). After elaborating on effectiveness of CAI, cost factors are outlined. Lastly problems of introduction of CAI and perspectives are discussed.

Geachte toehoorders,

Zoals u in het programma hebt kunnen lezen, zal ik een inleiding houden over de doelmatigheidsaspecten van computergestuurd onderwijs. Daarbij wil ik met name ingaan op het tweede onderwerp dat vanmorgen door Liket is aangekaart. Hij stelde allereerst dat men een visie kan geven op de vraag, hoe het onderwijs inhoudelijk moet veranderen: vakkenpakketten, andere nadrukken en dergelijke. Het tweede was, welke invloed electronische onderwijs-middelen op het leerproces hebben. Op dat onderwerp wil ik nader ingaan.

Ik zal spreken over computergestuurd onderwijs, dat is een term die tegenwoordig nogal eens gebruikt wordt, vaak afgekort tot CGO. Ik sluit met deze term niet uit dat er ook andere onderwijsmiddelen, waarbij electronica op een interactieve manier in het onderwijs wordt gebruikt, onder gevat kunnen worden. Ik denk met name aan de beeldplaatopstelling zoals Kroon hier zal laten zien, die in onze conceptie feitelijk een soort van computergestuurd onderwijs is.

De doelmatigheidsaspecten (dat woord doelmatigheid is een typisch economisch begrip) omvatten twee onderdelen. Het eerste is de vraag in hoeverre computergestuurd onderwijs de onderwijsdoelen goedkoper zou kunnen realiseren dan bestaande onderwijsmiddelen. Het tweede aspect van doelmatigheid van computergestuurd onderwijs is: hoe kan een betrekkelijk duur onderwijsmiddel als computergestuurd onderwijs op een zodanig kostenbewuste wijze ingezet worden, dat men uiteindelijk toch op redelijke kosten uitkomt. Ik zal mij niet tot een strikt economische benadering beperken, maar deze als kapstok gebruiken om wat meer informatie te geven over algemeen didactische aspecten van electronische onderwijsmiddelen. Daarbij zal ik proberen zo min mogelijk opinie en zo veel mogelijk feitenmateriaal te geven.

Het eerste aspect dat ik zal bespreken zijn de functies, de behoefte, het nut, de noodzaak van computergestuurd onderwijs. Een tweede onderwerp omvat de kostenaspecten in striktere zin: hoe duur zijn dit soort middelen, hoe kun je ze toch zo goedkoop mogelijk toepassen. Het laatste deel wordt gevormd door de problemen en perspectieven die ik voorzie bij het realiseren van computergestuurd onderwijs.

Functies van CGO

Wat het eerste onderdeel: de functie, het nut, de behoefte aan CGO betreft, zou ik u er allereerst op willen wijzen dat het erg belangrijk is om, alvorens met deze middelen te beginnen, te analyseren waar ze voor nodig zijn. Ik wijs nog eens op de opmerking van Davidse, die stelde dat als men in het onderwijs van de ene onderwijsmethode op een andere overgaat, dat men dan meestal constateert dat de nieuwe methode beter is. Dat is inderdaad een vrij consistent voorkomende conclusie.

Kijkt men naar een nieuw onderwijsmiddel, dan loont het om eerst te bezien welke functie dit kan vervullen; kan dat wellicht niet op een andere, betere manier, een goedkopere manier ook. Ik zou een kleine illustratie willen geven van een buiten het onderwijs liggend voorbeeld waarbij men dit over het hoofd heeft gezien. Mijn aandacht werd erop gevestigd door een recent artikel in het reclamevakblad 'Adformatie', waarin staat dat enkele nederlandse uitgevers binnenkort zgn. viewdata-cassettes in de handel brengen[1]. Op het scherm in de huiskamer verschijnt dan tekst, alsof het t.v.-apparaat is aangesloten op de databank van Viditel. De uitgevers willen op deze wijze bijvoorbeeld kookrecepten presenteren via voorbespeelde cassettes. Bovendien willen ze tegelijkertijd printers op de markt gaan brengen, dat zijn kleine regeldrukkertjes die je op het televisietoestel aansluit en die de afgebeelde pagina onmiddellijk afdrukken. Dat lijkt hun handig voor mensen die het kookrecept dan maar gelijk willen meenemen naar de keuken. Vervolgens blijkt ook nog dat ze dan aan het eind van een zekere periode alles willen bundelen, en dit dan in boekvorm uitgeven. Dan zijn we weer terug bij af, geef de mensen meteen een kookboek,

dan zoeken ze van tevoren uit wat ze hebben willen, ze kopen de juiste dingen erbij, nemen het boekje mee naar de keuken... Kortom, niets is handiger dan het boek. Toen de heer Davidse zijn opmerking maakte, moest ik direct hieraan denken. Het is een aardige illustratie van het achterwege blijven van een functieanalyse. Ik zal hierna bij de bespreking van de functies mij niet beperken tot het computergestuurd onderwijs alleen, maar vanuit een wat ruimere kijk op onderwijsmiddelen aangeven voor welke knelpunten die computer een nuttig hulpmiddel zou kunnen zijn.

We hebben daarmee recent ervaring opgedaan in een onderzoek ten behoeve van de Open Universiteit. Wij, d.w.z. het Bureau Onderzoek van Onderwijs van de Rijksuniversiteit Leiden, zijn gevraagd om voor de Open Universiteit een samenvattend overzicht te geven van onderwijsmiddelen en in te gaan op de vraag in hoeverre en op welke manier deze in de Open Universiteit gebruikt zouden moeten worden. Dat gaf ons de mogelijkheid om niet steeds twee media naast elkaar te zetten, maar een theoretisch concept voor het gebruik van het totaal van onderwijsmiddelen op te bouwen.

Ik zou willen beginnen met even kort een onderscheiding in onderwijsdoelen te memoreren. U kent ongetwijfeld de onderscheiding tussen kennis en vaardigheden (ik zou de attitudes hier achterwege willen laten, omdat dat de zaak te zeer zou compliceren). Wij kunnen kennis zien als boekenkennis. Men draagt aan mensen informatie over door ze een boek te laten lezen; ze kunnen iets in een boek naslaan. Men kan in zo'n boek heel wat tekstinformatie geven. Je had mensen ook iets kunnen leren door ze ter plekke te laten zien waar het boek over gaat, maar uit overwegingen van doelmatigheid doe je dat niet: het is onpractisch, het is te duur, dus je zet het in een boek.

Tekst heeft één nadeel - een vraagsteller van vanmorgen wees daar al op - : op sommige momenten kan het nodig zijn om een plaatje, foto, grafiek of andere afbeelding weer te geven. Wanneer is dat nodig? Naar onze mening zou zo'n afbeelding (kaart, plaatje) uitstekend gebruikt kunnen worden op die punten, waar de symboliseerbaarheid van de werkelijkheid door taal tekort schiet. Je kunt met een foto in één oogopslag iets weergeven, terwijl om dat in woorden weer te geven misschien een of twee pagina's nodig zijn. Vaak wordt dat veroorzaakt doordat een student geen ervaring heeft met datgene waar de docent over praat: in dergelijke situaties kan een plaatje erg nuttig zijn. Ik wijs bijvoorbeeld op een beschrijving van een markant gezicht als dat van Sir Winston Churchill; daar kan men pagina's over schrijven en dan nog heb je geen adekwaat beeld van hoe die man eruit zag. Eén foto en dit probleem is opgelost.

Andere punten waar een plaatje of een afbeelding van nut zou kunnen zijn is daar, waar een beschrijving teveel een tijdsvolgorde suggereert. Bepaalde situaties kunnen op één moment volledig plaatsgrijpen, er vindt een aantal gelijktijdige veranderingen plaats. Dat kun je beschrijven maar dan is het allemaal serieel weergegeven. Met een afbeelding of diagram kan in één oogopslag die totale complexe werkelijkheid getoond worden. Dan nòg kun je zeggen: een boek, of een syllabus met tekeningen en plaatjes, is onvoldoende voor het overdragen van kennis. Er zijn bepaalde, zij het beperkte toepassingsmogelijkheden voor bewegende beelden. Wanneer past men die bewegende beelden toe? Vooral wanneer een plaatje te beperkt is om een complex proces weer te geven. Je kunt een complexe situatie misschien nog met een foto of een diagram weergeven, maar is het een proces, verandert de situatie van moment tot moment, dan zou het nodig kunnen zijn om naar bewegende beelden te grijpen. Vaak kun je die complexe processen ook in woorden weergeven, maar voorzover dat omslachtig gaat grijp je naar presentatie via videoband of film. Ik wil er wel op wijzen dat dat niet automatisch hoeft in te houden dat dit films van een half uur zijn, met een uitvoerige inleiding, een 'show' en dan nog een 'uitleiding'. Het kunnen korte fragmenten zijn, gestructureerd binnen de rest van het onderwijs.

Een tweede noodzaak voor bewegende beelden is, om een visueel waarneembaar proces te laten zien, waarvan het probleem is dat studenten er geen ervaring mee hebben: ze kunnen zich zonder beelden niet of niet goed voorstellen wat er gebeurt, omdat ze in hun ervaringsrepertoire (datgene wat ze eerder meemaakten) geen adekwate informatie hebben. Er zijn nog twee andere mogelijkheden die ik hier achterwege wil laten. Degenen, die over deze didactische mogelijkheden méér willen weten, zij naar de eerdergenoemde studie verwezen[2].

Naar onze mening kun je in het algemeen bij het realiseren van kennisdoelen met een boek, schriftelijk materiaal, plaatjes en bewegende beelden, goeddeels uit de voeten komen. Daar zijn weinig andere media voor nodig. Bij vaardigheden ligt dat moeilijker. Men zou een onderscheid kunnen maken in twee soorten vaardigheden. Het ene soort vaardigheid is die welke wij noemen: operaties op kennis. Een student leest of weet bepaalde zaken, en je wilt hem leren verbanden te leggen tussen die kenniselementen, om daarmee nieuwe kennis op te bouwen. Hij moet samenhangen leren zien, informatie verzamelen, die weer samenvoegen en dergelijke. Dat is een cognitief proces, het vindt mentaal plaats.

Het tweede soort vaardigheid heet: operaties met kennis. Studenten wéten hoe ze iets moeten uitvoeren, het staat op schrift, maar vervolgens moeten ze het doen om die vaardigheid ook werkelijk te leren beheersen. U kunt zich daar waarschijnlijk wel een voorstelling bij maken: u kunt denken aan het uitvoeren van

een chemische proef, het in elkaar zetten van de opstelling die daarvoor nodig is. Men weet theoretisch wel hoe het moet, maar dient het gewoon een keer gedaan te hebben om het te kunnen en misschien moet men het wel vaker oefenen. Een ander voorbeeld van het verwerven van vaardigheden is bijvoorbeeld statistiekonderwijs, waar mensen een paar keer een regressieanalyse moeten hebben uitgevoerd om te weten hoe zoiets werkt, om dat te leren beheersen, om als ze het later weer nodig hebben het ook juist te kunnen toepassen. Het probleem bij deze vaardigheden is, dat de kans groot is dat studenten een fout maken bij het oefenen zonder dat een docent dit constateert. Een student moet stap voor stap, in een aantal opeenvolgende stappen, de vaardigheid leren beheersen. Het kan best zijn dat hij bij de eerste of tweede stap een fout maakt. Pas als de einduitkomst fout is, constateert men dat de student fout is gegaan en dan moet men terug gaan zoeken waar hij die fout heeft gemaakt. Het kan zelfs zijn dat hij al met drie opgaven drie keer diezelfde fout heeft gemaakt en dus een heel verkeerd patroon heeft ingeslepen van hoe hij deze zaken aanpakt. Dat moet je hem dan weer afleren en dat is nog moeilijker dan aanleren.
Wat eigenlijk zou moeten gebeuren is: naast iedere student die een vaardigheid aan het leren is, een docent zetten of een onderwijsassistent, die kijkt hoe die student dat doet en zegt: "hé, hier ga je fout." Op dit onderdeel denk ik dat de computer een goede taak zou kunnen vervullen: als een student een oefening of opgave gezeten aan een computer maakt, dan kan die computer bij iedere stap checken of een student het goed of fout doet en als hij het fout doet, dan kan hij zelfs op grond van de gemaakte fout een correctie geven, uiteraard als hij daartoe geprogrammeerd is. Een additionele eis daarbij is natuurlijk wel dat die vaardigheid algorithmeerbaar is. Wat is kortom het voordeel van die computer? Hij kan die student volgen, hij ziet direct dat een student een fout maakt, hij kan onmiddellijk reageren; hij is niet alleen interactief, maar zelfs dwingt hij de student tot handelen. Ik wil dit aan de hand van het eerder genoemde voorbeeld van statistiekonderwijs voor economen, sociologen, technische wetenschappers e.d. nader toelichten.

Ik neem aan dat de meesten van u in het verleden tijdens hun opleiding statistiekonderwijs hebben gevolgd. Traditioneel vindt het oefenen van statistiekopgaven plaats in een zaaltje met 25 studenten, waarin dan een student-assistent rondloopt. Je zit sommen te maken - althans, dat doet de helft van de leerlingen, de andere helft wacht tot de uitkomst op het bord verschijnt. Bij het maken van de som loop je op een gegeven moment vast, steekt de vinger in de hoogte en na een minuut of tien komt de assistent langs omdat hij dan met de voorgangers klaar is; hij helpt je even en een tijdje later loop je weer vast. Op zo'n manier onderwijs volgen, een vaardigheid verwerven, is nogal ontmoedigend. Je moet behoorlijk gemotiveerd zijn om inderdaad te zeggen 'nu ga ik weer verder'. Op een gegeven moment denk je ook: ik wacht wel tot de uitkomst op het bord verschijnt, dan schrijf ik hem wel over en dan zoek ik thuis wel uit hoe het in elkaar zit. De computer echter wacht gewoon tot je zelf een reactie geeft, je moet iets ondernemen om van die computer een reactie te krijgen. Het is wat dat betreft een erg uitdagend onderwijsmiddel, het dwingt leerlingen te werken. Je zou bijv. ook kunnen denken aan het middelbaar onderwijs, waar huiswerk vaak systematisch niet gemaakt wordt; daarbij zou een computer dwingend kunnen zijn.

Er zit één beperking aan de computer vast en dat is dat hij, althans in de huidige opzet, geen bewegende beelden kan weergeven. Hij kan wel, soms, animaties maken, een soort tekenfilmachtige weergave van de werkelijkheid, maar als dat didactisch gezien onvoldoende is dan schiet hij tekort. U kunt zich een medische student voorstellen die op een gegeven moment bij een patiënt een diagnose moet stellen. Je kunt de ziekte van de patiënt en de symptomen waar hij mee komt, in een computer stoppen, waarna de student door middel van open of gestructureerde vragen probeert te analyseren wat de patiënt mankeert. Op een gegeven moment kan het ook nodig zijn dat een student zegt: loopt u eens deze ruimte op en neer; dan kan de student een afwijking in de loop zien of een andere afwijking die je ook met beelden kunt laten zien, zodat je ziet: hé, de patiënt mankeert dat en dat.

Daar komen weer audiovisuele toepassingen om de hoek kijken. Men kan denken aan korte fragmenten van bewegende beelden, die op commando van de computer, in feite dus op grond van acties van de student, gepresenteerd worden op het beeldscherm. Vervolgens neemt de computer het leerproces weer over.

Al die onderwijsmiddelen overziende kan men constateren, dat je met schriftelijk onderwijs, aangevuld met stilstaande beelden in de vorm van plaatjes, diagrammen, foto's e.d., een flink eind uit de voeten kunt. Computergestuurd onderwijs, aangevuld met A.V.-fragmenten brengt ons weer een stap verder en in feite resteert dan alleen nog contactonderwijs om sociale vaardigheden bij te brengen motiverend te werken en flexibiliteit in het onderwijs te bevorderen. Je zou ook kunnen denken aan een hoorcollege dat nog eens wat verbanden legt. Ik zou het eerste onderdeel van mijn voordracht willen afsluiten met deze conclusie: electronica zou kunnen helpen waar de individuele behoeften en wensen van studenten in het gedrang komen door de massaliteit van het onderwijs en ik zou hier nog aan toe kunnen voegen: in het gedrang komen door afstand van het onderwijs. Ik wil daarbij met name wijzen op de Open Universiteit. Veel onderwijs dat in huidige universiteiten ter plekke gebeurt, zal in de Open Universiteit op afstand moeten gebeuren. Vooral bij het

verwerven van vaardigheden kan men zich voorstellen dat studenten in de Open Universiteit, geïsoleerd thuis werkend, op grote problemen stuiten. Het is dan ook een bekend feit dat bij het schriftelijk onderwijs erg veel studenten, in de orde van grootte van 70%, uitvallen, niet alleen bij gebrek aan motivatie en contact met anderen, maar ook omdat in het onderwijsproces in een schriftelijke cursus te weinig reacties op het juiste moment aan een student gegeven kunnen worden. Men kan zich ook hier weer kunnen afvragen of de computer, eventueel aangevuld met de noodzakelijke A.V.-fragmenten, een oplossing kan bieden.

Kosten van CGO

Overgaand naar het tweede deel, de kostenaspecten van het computergestuurd onderwijs, zou ik eerst een indeling willen laten zien in kostensoorten. Als je computergestuurd onderwijs gaat toepassen, zijn daarvoor een aantal zaken nodig. De computer zelf uiteraard, een apparaat dat uitvoert, lessen ophaalt en dergelijke; het geheugen waarin lessen zijn opgeslagen en waarin ook studentgegevens dienen te worden opgeslagen; er zijn leerstations nodig, dat zijn beeldschermen met een toetsenbord (overigens kunnen die drie zaken geïntegreerd zijn, b.v. in micro-computers); en er is een serie hulproutines nodig, die de auteur gebruikt om lessen mee te maken en waarvan de student profiteert, doordat hij gemakkelijk in het systeem kan komen en het systeem automatisch zijn vorderingen opslaat.

Wat dan nog ontbreekt zijn de feitelijke lesprogramma's. Dat kunnen echt lessen zijn, in letterlijke zin, maar het kunnen ook toetsen zijn of andere toepassingsprogramma's. Ik heb van die twee kostensoorten, dus de kosten van het systeem en van het lesprogramma, een kostenberekening gemaakt om een indruk te geven van de bedragen die daarmee gemoeid zijn.

Allereerst de kosten van het systeem (Figuur 1). Ik noem dat de operationele kosten, dat zijn alle kosten die nodig zijn om de technische infrastructuur te hebben om straks ook lessen mee te kunnen maken en aan studenten te presenteren. Die kosten zijn berekend per gebruiksuur, dus per uur dat een student of een auteur aan zo'n apparaat zit te werken, en ze zijn gebaseerd op een - voor economisch geïnteresseerde mensen misschien van belang - afschrijvingstermijn van vijf jaar; bovendien zijn ze gerelateerd aan het aantal leerstations dat aan een computer is aangesloten. Vooral aan grotere systemen voor computergestuurd onderwijs kunnen veel leerstations geschakeld worden. Het zal u duidelijk zijn, dat naarmate er meer leerstations aangesloten zijn, het grote systeem efficiënter benut kan worden. Het totaalbeeld van de kosten is, dat voor een uur beschikbaar hebben van zo'n computersysteem, de bedragen uiteenlopen van zo'n ƒ 6 per gebruiksuur, tot een ƒ 30 per gebruiksuur. De grenzen worden bepaald door de prestaties van de apparatuur. Het is in het algemeen zo dat kwaliteit betaald moet worden. Men kan ook een heel simpel apparaatje kopen waar nog weinig aan zit en er zelf van alles bijmaken, de apparaten handig in elkaar sleutelen, zodat ze goed voor onderwijs bruikbaar zijn. Ik zal daarop in het derde deel van mijn inleiding nog terugkomen.

Het tweede onderdeel dat de kosten bepaalt, zijn de kosten van het lesmateriaal zelf. Die zijn betrekkelijk hoog. Dat is eigenlijk wat merkwaardig, omdat men toch meestal denkt: als je zo'n apparaat eenmaal hebt, dan nog even wat lesprogramma's intypen en je hebt het lesmateriaal. Dat blijkt echter zoveel tijd te kosten, dat de kosten daarvan aanzienlijk zijn. Ik heb die wederom uitgedrukt in guldens per uur gebruik dat er van dat lesmateriaal gemaakt wordt (Figuur 2). Ook van het lesmateriaal kan gezegd worden, dat het gemiddeld vijf jaar blijkt mee te kunnen gaan. Dat is een ruwe maat die uit een onderzoek blijkt, dus laten we die maar eens aanhouden. Dan zien we weer een grote variatie in kosten, van zo'n ƒ 100 per gebruiksuur tot drie kwartjes per gebruiksuur. U ziet dat de kosten per uur van dat lesmateriaal sterk afhangen van het aantal studenten of leerlingen per jaar dat er gebruik van maakt. Het zal u duidelijk zijn dat als zo'n les eenmaal gemaakt is en in een computer zit, het niet meer uit maakt of er één student per jaar gebruik van maakt of duizend studenten per jaar, maar dat het wel aanzienlijk scheelt in de kosten per student-uur. De marge die ook in deze figuur geschetst is, wordt vooral bepaald door het soort les. Ik noemde zojuist het voorbeeld van een patiëntensimulatie in het medisch onderwijs. Dat blijkt zo complex te zijn, dat er ongeveer honderdvijftig uur voor nodig is om één uur lesmateriaal te maken, zeker bij de echt slim uitgedachte toepassingen. Je kunt je aan de andere kant eenvoudiger onderwijs voorstellen, zoals eenvoudige wiskundesommen, waarbij men misschien wel met een 25 uur voor een uur les kan uitkomen. Het lijkt veel, die aantallen uren, en dat is het ook; men heeft dat gewoon nodig om het onderwijs logisch in elkaar te steken, dus niet alleen

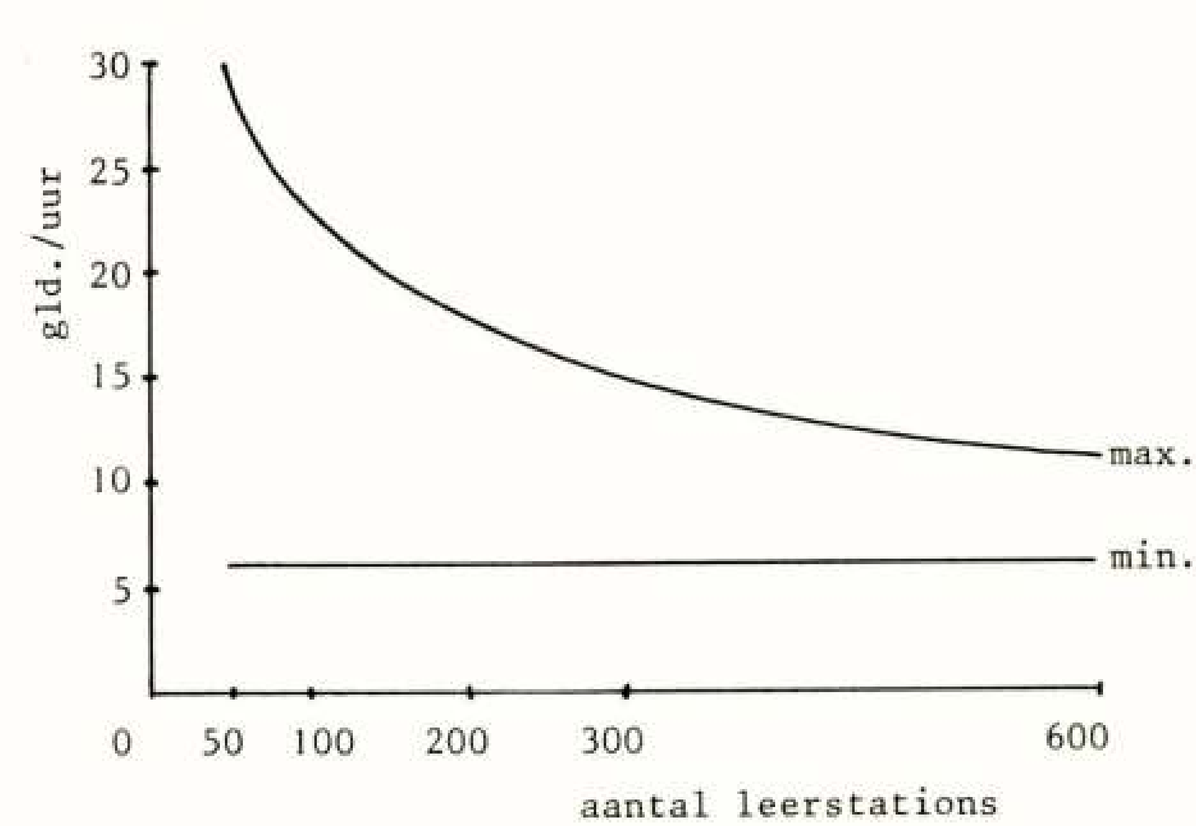


Fig. 1: Operationele kosten CGO-systemen

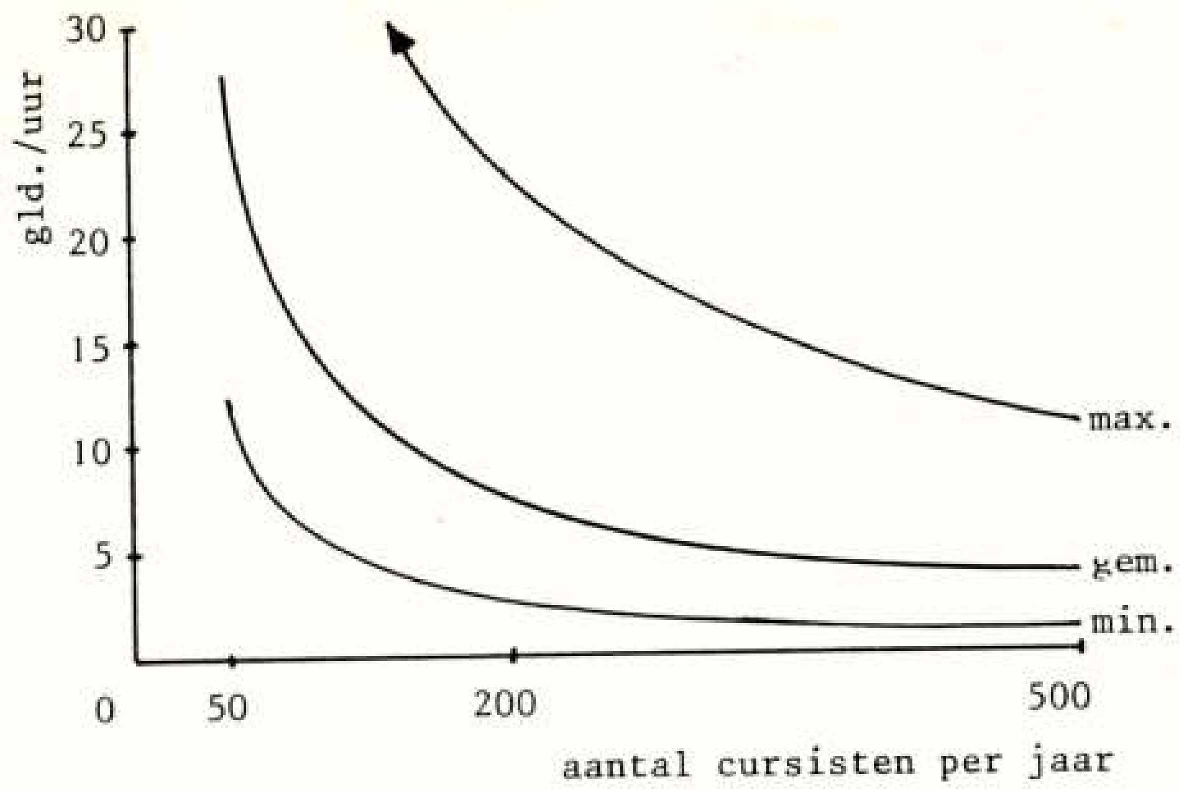


Fig. 2: Kosten van lesmateriaal voor CGO

maar het programmeren van sommetjes, maar ook de volgorde die erin zit, de opbouw, teruggrijpen op eerdere kennis. Computergestuurd onderwijs vraagt een reflectie op onderwijs. Dat zou zelfs kunnen leiden tot de stelling, dat alleen al de invoering van computergestuurd onderwijs op zichzelf het onderwijs kan verbeteren. Het computerprogramma moet immers logisch opgebouwd zijn en dat is een goede manier om docenten over onderwijs na te laten denken; maar zoals u ziet wel een kostbare manier.

De twee grafieken die u heeft gezien, te weten de operationele kosten en de kosten van het lesmateriaal, kan men combineren en dan resulteren de totale kosten van een uur computergestuurd onderwijs. Ik heb dat niet gedaan, want dan ontstaan bedragen die alleen maar afschrikken en dat is ook weer niet de bedoeling.

Ik heb wel een kostenvergelijking gemaakt van computergestuurd onderwijs en traditioneel gebruikelijke toepassingen (waar de computer gebruikt zou kunnen worden maar waar dat momenteel niet het geval is). Ik heb mij daarbij beperkt tot het hoger onderwijs. Ik kan mij voorstellen dat in een andere onderwijssector de kostenvergelijking anders zou kunnen uitvallen. In tabel 1 is een berekening gemaakt van de kosten van een uur computergestuurd onderwijs en vergeleken met een uur traditioneel onderwijs. In de tabel is de procentuele kostenstijging aangegeven.

In het eerste geval is computergestuurd onderwijs vergeleken met werkgroepsonderwijs. Ik noemde zojuist een oefencollege statistiek, waar 25 studenten in een zaaltje zitten met een assistent. In een dergelijke situatie zie je dat, gegeven de huidige kostenstructuur, computergestuurd onderwijs dit werkgroepen-onderwijs duurder maakt. Erg veel duurder, indien maar 50 studenten per jaar van dat uur lesmateriaal gebruik maken, en iets duurder, als er (bijvoorbeeld door landelijke samenwerking van universiteiten) 1000 studenten per jaar gebruik van maken. Die samenwerking van universiteiten is zelfs niet nodig in geval van faculteiten met

Tabel 1: Kostenvergelijking CGO/traditioneel onderwijs; 1980

stud./jaar	werkgroep	practicum	toetsing
50	+ 258 %	+ 64 %	+ 1 %
100	+ 127	+ 3	- 40
200	+ 61	- 27	- 60
500	+ 21	- 45	- 72
1000	+ 8	- 51	- 76

zo'n 1000 à 1500 studenten in het eerste cursusjaar. Bij de in de tabel aangegeven kostenveranderingen moet men zich wel realiseren dat dit gemiddelden zijn. Het kan best zijn dat voor bepaalde vormen van werkgroepsonderwijs nú al computergestuurd onderwijs aanzienlijk goedkoper zou kunnen zijn. Ik heb dat bijvoorbeeld eens uitgerekend voor patiëntensimulaties in het medisch onderwijs, daar blijkt dat bij een 100 studenten per jaar dit soort patiëntensimulaties niet alleen beter door de computer kunnen worden gedaan, maar zelfs goedkoper. In een dergelijk geval is het in de tabel gegeven gemiddelde te hoog. De basisgegevens zijn overigens verkregen uit een recente inventarisatie van het onderwijs aan de Rijksuniversiteit Leiden. Alle gevonden waarden zijn samengevoegd tot een gemiddelde van de kosten van, bijvoorbeeld, werkgroepsonderwijs, dus u kunt zich voorstellen, dat daar zowel wiskunde als medisch onderwijs, scheikunde, talen en dergelijke onder vallen.
Ik heb hetzelfde voor practica gedaan. U moet daarbij met name denken aan het verwerven van laboratoriumvaardigheden waar vaak materialen bij te pas komen. Je zou met behulp van de computer in ieder geval voor een deel dat onderwijs kunnen overnemen. Het resultaat is dan dat zelfs al bij 200 studenten die per jaar van het lesmateriaal gebruik maken, CGO goedkoper is. Bij toetsing ligt dat nog veel sterker. Meestal worden toetsen pas aan het eind van een cursusonderdeel afgenomen. Dat betekent dat studenten niet tussentijds kunnen beoordelen of ze inderdaad de kennis of de vaardigheden hebben verworven die nodig zijn om een examen met goed gevolg af te leggen. De reden dat die tussentijdse toetsen niet plaatsvinden, is eenvoudig dat ze betrekkelijk duur zijn: de docent moet ze opstellen, distribueren, vervolgens de toetsen corrigeren, het werk moet terug naar studenten. Dat is zo omslachtig dat de verleiding groot is om toetsing te beperken tot het eind van het onderwijs, dan hoeft men het maar één keer te doen. Je ziet dan ook, dat studenten tót aan het examen nauwelijks weten of ze de stof beheersen en dat ze na de toets zeggen: als we geweten hadden dat dit het soort vragen zijn die deze docent zou stellen, en eerder die correcties hadden gezien, dan hadden we ons leerproces vóór het examen bij kunnen sturen.

In deze situatie zou men kunnen denken aan toetsen die via de computer gepresenteerd worden. Bij een vergelijking van wat een toets 'normaal' kost met de computertoets, blijkt dat het presenteren van een computertoets aanzienlijk goedkoper is dan traditionele toetsen die met de hand nagekeken worden. Men kan ook denken aan multiple choice toetsen die met de computer verwerkt worden in het schrapkaartensysteem - ik neem aan dat dit bij iedere hogeschool en universiteit langzamerhand gemeengoed is - waarbij het corrigeerwerk in zekere mate beperkt wordt; dan zijn de kostenverschillen uiteraard wat kleiner. Ik heb daar geen berekening van gemaakt maar ik kan me voorstellen dat het dan even duur is of misschien via CGO toch iets goedkoper. Waar het om gaat is dit: via de computer zou je toetsen kunnen presenteren om studenten zichzelf te laten beoordelen en vervolgens zou je eventueel via aanvullend onderwijs de student op het goede spoor kunnen zetten.

Ik heb eenzelfde berekening als hiervóór gemaakt voor 1985. Men zou immers kunnen veronderstellen dat na verloop van tijd de kosten van de apparatuur iets zullen dalen en dat loonkostenstijgingen zullen doorgaan ondanks alle bezuinigingen, zeg 5% per jaar. Ik ben uitgegaan van stabiele apparatuurprijzen, want het is zo dat bij apparatuur voor computergestuurd onderwijs de laatste jaren geen prijsdaling zichtbaar is. Systemen die in het onderwijs goed bruikbaar zijn, blijven stabiel in prijs. Voorts is het denkbaar dat door ontwikkelingen in de kwaliteit van de software voor computergestuurd onderwijs er minder tijd nodig zal zijn voor het maken van computerlessen. Ik heb verondersteld dat die tijd met 25% zal afnemen. U ziet in tabel 2 dat over de grote linie computergestuurd onderwijs over 5 jaar goedkoper zou kunnen zijn dan traditionele toepassingen gemiddeld gesproken zijn, met uitzondering van situaties waarin van betrekkelijk kleine aantallen studenten sprake is. Daar zou CGO binnen een bepaald vastliggend budget alleen mogelijk zijn door met anderen samen te werken.

Tabel 2: Kostenvergelijking CGO/traditioneel onderwijs; 1985

stud./jaar	werkgroep	practicum	toetsing
50	+ 147 %	+ 13 %	- 11 %
100	+ 51	- 31	- 50
200	+ 3	- 53	- 69
500	- 26	- 66	- 81
1000	- 36	- 71	- 85

Een van de vorige sprekers heeft gezegd: financiële beperkingen zullen er nauwelijks zijn, het zal economisch best haalbaar zijn. Zoals ik heb laten zien, liggen er op dat gebied voorlopig toch nog wel enige problemen. Wat ik bovendien heb aangegeven, en dat vind ik eigenlijk nog veel belangrijker, is dat je er met de aanschaf van een apparaat niet bent: dan begint het feitelijke werk pas, dan moeten er goede lessen komen. En die zijn betrekkelijk duur.

Invoering van CGO

In het derde deel van mijn verhaal wil ik tot een aantal conclusies komen met betrekking tot de invoering van CGO. We kunnen allereerst vaststellen, dat er apparatuur voor CGO op de markt is. We hebben daarvan een vergelijkende studie gemaakt, waarin wordt bekeken welke computergestuurd onderwijsapparaten bruikbaar zijn, wat de verschillen zijn, wat de kosten ervan zijn.[3]. Er zijn bovendien criteria voor het gebruik van computergestuurd onderwijs (ik wees al op de studie inzake de Open Universiteit, maar er zijn ook andere studies die daar in zekere mate op ingaan). De vraag is dan: waarom gebeurt er nog niets? Allereerst wil ik dat even relativeren. Er gebeurt zeker wat op dit punt, ook in Nederland. Het is onjuist om te veronderstellen dat dit soort ontwikkelingen eigenljk alleen in de V.S. plaatsvinden, in Nederland gebeurt het ook. Ik meen bovendien dat we het in Nederland nog niet eens zo gek doen, wanneer je naar de kwaliteit van het lesmateriaal en de toepassingen kijkt.

Toch vlot het nog niet zo erg met de toepassing van CGO in Nederland. Er zijn een aantal oorzaken aan te wijzen. Het eerste is een vaak ondoelmatig gebruik. Men denkt: we hebben nu die computer, daar gaan we een hoop tekst in stoppen en dat leest de student dan, hij kan af en toe 'ja' en 'nee' zeggen en zo gaat dat dan een tijd door. In de praktijk blijkt dit zowel voor de docent op den duur weinig bevredigend te zijn, maar ook voor de studenten volstrekt oninteressant. Deze zeggen op een gegeven moment terecht: geef mij maar weer een boek, dan kan ik het rustig nalezen, dat is veel makkelijker dan zo'n apparaat. Dergelijke ervaringen zijn een rem voor snelle verspreiding, dus ik denk dat het heel belangrijk is om kritisch te zijn ten aanzien van de toepassingen. Liever beperkte toepassingen maar dan goed, zodat computergestuurd onderwijs zichzelf verkoopt, dan dat men wat experimenteert met eenvoudige toepassingen waarbij het medium niet uit de verf komt en waarvan in de praktijk blijkt dat het de mensen afhoudt van verdere toepassingen van computergestuurd onderwijs.

Het tweede probleem hangt daar mee samen: de systeemkosten. Op het moment redeneert men soms: 'Er is een financiële rem in het onderwijs en die zal wel een ongebreidelde groei tegenhouden'. Die financiële rem werkt eigenlijk op een veel negatiever manier. Docenten zeggen: we willen die computer toch, maar laten we dan maar met een beperkt budget, uit alle hoekjes en gaatjes bij elkaar geschraapt, een heel eenvoudig apparaatje kopen en dan klaren we het daar wel mee. Ervaringen van docenten zijn dan, dat ze met een apparaat zijn opgescheept waarvan blijkt dat het te beperkt is:

het geheugen is te beperkt, er zitten geen standaardroutines in waarmee de docent gemakkelijk bijv. grafieken kan maken, men moet zelf een heel registratiesysteem van studentgegevens maken, enzovoort.

Ik sprak laatst met een docent uit het MAVO, die een kleine huiscomputer had gekocht voor zijn onderwijs en een jaar bezig is geweest om daar, terwijl hij echt verstand van programmeren had, iets bruikbaars van te maken en die het apparaat vervolgens aan de kant heeft gezet omdat het nog steeds niet kon wat hij wilde. Hij zag toen een ander systeem, het PLATO systeem, waar allerlei standaardfaciliteiten in ziten. Zijn reactie was: als ik dat had gehad, zou ik meteen aan de gang zijn gegaan met onderwijs maken. Uit geldgebrek is dan zo'n duurder systeem in eerste instantie niet haalbaar, maar misschien is er op den duur zoveel tijd gestoken in het verbeteren van een goedkoop systeem, dat men uiteindelijk beter meteen had kunnen beginnen met een echt op het computergestuurd onderwijs toegesneden systeem. Die systeemkeuze, nogmaals, is dus erg belangrijk. Stel je hoge eisen aan je lesmateriaal, omdat je heel kritisch voor de toepassingen kiest, dan betekent dat ook vaak dat je met eenvoudige systemen minder makkelijk of zelfs in het geheel niet uit de voeten kunt.

Een ander probleem wordt gevormd door <u>weerstanden bij docenten</u>. Ik hoef nauwelijks het werkgelegenheidsaspect te noemen, dat speelt heel sterk mee en is ook niet te negeren. Maar men zou de vraag kunnen stellen: als op een gegeven moment bij een analyse van het onderwijs blijkt dat de computer het onderwijs in een bepaald geval beter zou kunnen verzorgen dan een docent, waar kies je dan voor? Kies je dan voor de leerlingen die het op die manier sneller of beter leren, of kies je voor de werkgelegenheid? Ik vind dat zelf een indringende vraag, waar ik het antwoord ook niet op kan geven, maar ik denk dat hij belangrijk is: voor wie kies je? Overigens wil ik hier meteen bij aantekenen dat die computer niet een zo grote verbreiding zal krijgen dat het hele onderwijs door computers zou kunnen worden overgenomen. Naar ons idee gaat het om hoogstens 10% van het onderwijs waar een computer nuttig bruikbaar is. Zo groot hoeft dat werkgelegenheidseffect dus niet te zijn. Docenten zijn gewoon hard nodig in het onderwijs en zullen dat ook altijd blijven.

Een ander aspect van de weerstanden bij docenten, in ieder geval in het hoger onderwijs, is, dat men weinig geneigd is om bestaand onderwijsmateriaal over te nemen. Toch zou dat een manier kunnen zijn om betrekkelijk snel aan de gang te kunnen. Je hoeft dan niet zelf een les te programmeren, maar neemt gewoon een bestaande les over. Sommige systemen zijn daar goed voor ingericht; die bieden de mogelijkheid om uit een centrale lesbibliotheek lessen of onderdelen daarvan te halen waarvan je zegt: die zijn voor mijn onderwijs bruikbaar. Je koppelt daar wat eigen stukken aan en het resultaat is een onderwijspakket waarvan de docent zegt: dat is precies geschikt voor mijn studenten. Deze aanpak bespaart een hoop werk maar, nogmaals, het systeem moet daar wel mogelijkheden voor bieden. Je kunt natuurlijk ook zeggen: een collega van mij in Groningen heeft een aantal diskettes met aardige lessen, ik vraag die bij hem wel aan. Maar dat wordt een fysiek gemanipuleer met lesmateriaal, terwijl het in die situatie ook minder makkelijk is om stukjes les van hem en stukjes les van een ander te combineren.

Docenten blijken wel over die weerstanden heen te komen, wanneer je ze laat zien dat het hen van een aantal routinetaken verlost. Dan is hun reactie: "Ja inderdaad, dat zou best wel nuttig kunnen zijn, want ik ben nu zó veel tijd bezig om studenten te begeleiden, dat ik in feite aan echte probleemgevallen of aan de opzet van een nieuw stuk onderwijs of aan de herziening van het bestaande onderwijs niet toe kom." Door een computer de routinetaken te laten overnemen, kan hij zelf weer aan de wat meer creatieve onderdelen van het onderwijs toekomen.

<u>Perspectieven</u>

Afsluitend zou ik de volgende, wat meer persoonlijke, conclusies en aanbevelingen willen presenteren.

De eerste is: wil men kwalitatief hoogwaardig computergestuurd onderwijs realiseren, dan zal er <u>samenwerking</u> nodig zijn op het gebied van ontwikkeling van cursusmateriaal. Iemand met ervaring kan een ander die begint alvast een vliegende start geven. Dit zal ook nódig zijn, uit oogpunt van kosten en van specialisatie (wat met kosten uiteraard sterk samenhangt). Zoals ik al eerder zei: iedereen kan een deel van het onderwijs maken, een aantal docenten kunnen dat doen, en vervolgens "winkelt" de docent in dat bestaande lesmateriaal en stelt een cursus samen die voor zijn onderwijs geschikt is.

Dat vraagt dan wel om een <u>flexibele cursusopbouw</u>. Men kan denken aan kleine modulen die gemakkelijk zijn samen te voegen. Ik zal hierven een voorbeeld geven uit Leiden. De subfaculteit Scheikunde constateerde dat een aantal studenten uit ontwikkelingslanden te weinig vooropleiding in de chemie hadden. Die studenten zijn aan een terminal gaan zitten van het PLATO-systeem waar veel - weliswaar engelstalig - lesmateriaal in zit op het gebied van chemie. De betrokken docent koos een totaal van 40 modulen uit die de studenten moesten kennen. Het heeft ons ongeveer een uur gekost om die modulen aan elkaar te rijgen en vervolgens konden die studenten in de engelse taal (de enige taal die zij beheersten) dat onderwijs gaan volgen. Zij zijn daar een aantal maanden mee bezig geweest tot ze het niveau bereikt hadden dat wij hier in Nederland vereisen om aan wetenschappelijk onderwijs te kunnen gaan deelnemen.

Een derde punt van belang is de standaardisatie. Het is zo dat er nu erg veel verschillende systemen voor computergestuurd onderwijs zijn. Dat levert het probleem op, dat als men een les van een ander zou willen gebruiken, deze op het eigen systeem niet past, omdat dit bijv. met een andere taal werkt. Men zou moeten streven naar standaardisatie: zoveel mogelijk alles in één taal, wellicht zelfs zoveel mogelijk op één soort systeem, zodat docenten met zo min mogelijk bottlenecks op het gebied van cursusontwikkeling en gebruik van cursusmateriaal met elkaar kunnen samenwerken. Helaas is er in Nederland een ontwikkeling in gang waarbij men wat betreft die systeemkeuze uit elkaar loopt, met het directe gevolg dat men nauwelijks van elkaars lesmateriaal gebruik kan maken en voortdurend genoodzaakt is om lessen te vertalen, wat even veel tijd kost als het maken van het lesmateriaal zelf.

Een vierde punt betreft een gezamenlijke systeemexploitatie. Dat kan uit kostenoverwegingen nuttig zijn, vooral in geval van een groot systeem voor computergestuurd onderwijs. Om te komen tot één centrale computer met veel decentrale leerstations binnen een aantal universiteiten, is van een dergelijke samenwerking in het verleden sprake geweest: kunnen wij niet met vier, vijf universiteiten samen één goed systeem kopen waaraan we allemaal onze leerstations koppelen? Daarmee zijn we goedkoop uit en we hebben een goede infrastructuur om lesmateriaal uit te wisselen. Die discussie loopt nog steeds en ik hoop dat hij resultaten oplevert, want ik denk dat het uit kostenoverwegingen én uit kwaliteitsoverwegingen noodzakelijk is.

Een laatste punt, dat met alle andere samenhangt, is dat mensen uit het onderwijs, de electronische industrie en de uitgeverswereld, en van het Ministerie van Onderwijs, eigenlijk op niet al te lange termijn bij elkaar zouden moeten komen om gezamenlijk te kijken waar behoefte aan is en hoe daarin het beste voorzien kan worden. Wat je in het onderwijs ziet, niet alleen in het hoger onderwijs maar ook in het middelbaar onderwijs, is dat mensen roepen: we willen die computer hebben, maar wat moeten we nu kiezen, waar moeten we op letten, welke criteria moeten wij hanteren? Ze overzien vaak niet eens het daaropvolgende probleem: als zij de apparatuur hebben dan moeten die lessen er nog komen. Daar zou je hen van tevoren op kunnen wijzen, het zou ook van invloed op de systeemkeuze kunnen zijn. Het is erg belangrijk om langzamerhand eens in die richting te denken. Ik hoop dat in het bijzonder het Ministerie van Onderwijs, dat een sleutelpositie heeft, op niet al te lange termijn initiatieven zal ontplooien. Universiteiten staan daar soms wat huiverig tegenover, maar in het middelbaar en beroepsonderwijs zie je dat daar letterlijk om geroepen wordt.

Ik zou het hierbij willen laten. Ik hoop dat ik u wat informatie heb kunnen geven over zaken die bij de keuze voor computergestuurd onderwijs en de keuze van de daarvoor noodzakelijke apparatuur overwogen zouden kunnen worden en ik hoop dat u, voor het geval u CGO zelf zal gaan toepassen, er profijt uit trekt.

Referenties

1. Overbeke, F. van, Viditel-cassette vervangt kookboek. Adformatie, 7 feb. 1980, p. 45.

2. Crombag, H.F.M., Chang, T.M., Drift, K.D.J.M. van der & Moonen, J.M. Onderwijsmiddelen van de Open Universiteit; functies en kosten 's Gravenhage, Staatsuitgeverij, 1979.

3. Drift, K.D.J.M. van der, Langerak, W.F., Moonen, J.M. & Vos, P. Eindrapport van het proefproject computergestuurd onderwijs. Bureau Onderzoek van Onderwijs, Rijksuniversiteit Leiden, Rapport nr. 19, 1980

Voordracht gehouden op 19 februari 1981 op de THD, tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (nr. 295), Sectie Telecommunicatietechniek KIvI en de Benelux Sectie IEEE.

TOEPASSINGEN VAN ELEKTRONICA IN HET ONDERWIJS

Drs. F. J. Krips

Wolters-Noordhoff B.V. Groningen

Applications of electronics in education. The prospects of microcomputers, if compared with the audiovisuals in schools, are not favourable. Schoolorganisation placed the teacher in the centre of the educational process and the proof of more educational profit from technology is still to be given. More can be expected of the application of the microcomputer as a calculating tool in technical schools. Examples are given. Now for computer assisted instruction. Examples are shown. Speaker is a publisher. Information processing is his profession, with emphasis on information. Information is stored in books and in the futere on discs. It is the job of the publisher to provide information on the most suitable carrier. What the teacher does with this information is his job. What kind of software can be made on a profiable base and how can it be done?
It can be done by internationalising, making multi-purpose material, exploiting gouverment-subsidised material, and by sponsoring. Subjects must be chosen wich fit these requirements. Examples are given.

INLEIDING

Met name professor Davidse heeft ware opmerkingen gemaakt over de teleurstellingen met de audiovisuele media in het onderwijs in de zeventiger jaren. Ook ik heb die jaren bewust meegemaakt als audiovisuele specialist binnen ICU en in het bijzonder binnen Wolters-Noordhoff. Inderdaad is de verkoop daarvan niet veel terechtgekomen. Zeker, er worden transparanten verkocht voor de overheadprojector, speciaal voor het technische onderwijs en onze talen afdeling verkoopt geluidsbanden. Maar van een echte doorbraak van de media is geen sprake geweest. Film bijvoorbeeld is nooit in het onderwijs geïntegreerd.

Ik kan niet nalaten een stukje tekst te citeren:

Een langzamerhand gegroeid stelsel van formele regels houdt elke docent erg gemakkelijk in de positie van klasikale "lesgever": de leraarslesurenformule, de minimumtabellen, het lesrooster, de regels voor urenleraren en de volledige betrekking, het jaarklassensysteem, examenregelingen en -praktijk, bouwvoorschriften voor scholen en lokaalgrootte, enz. De eigen schoolervaring en de opleiding versterken bij de pasbeginnende leraar nog de neiging zich in en aan te passen bij de geldende praktijk. De docent is dan degene die als (vak)-deskundige, als leerstofbeheerser, een steeds ongeveer evengrote groep leerlingen de noodzakelijke kennis "aanbiedt", hij is bij het proces van "geleerd" worden de centrale figuur. Het is noodzakelijk vast te stellen, dat bij zo'n onderwijsleersituatie de audiovisuele media slechts aanvullende onderwijsmiddelen kunnen zijn: behulpzaam bij de taak van leerstofaanbieding, een extra-gereedschap in handen van de docent.
Aangezien de audiovisuele media tot meer in staat zijn en ook zelf, zonder bemiddeling van de docent, leerstof kunnen aanbieden, zal gemakkelijk de komst van die media als een bedreiging kunnen worden ervaren: het "docentvervangende" aspect van het onderwijsmiddel wordt zo tot een duidelijke belemmering voor een ruimere toepassing van de media. Daarmee is dan tegelijk een rem gezet op de ontwikkeling van een andere functie van de audiovisuele media, nl. die van leermiddel, het middel in handen van leerlingen om zelf actief, produktief en creatief de wereld te verkennen en leerstof te verwerven of vaardigheden te leren beheersen

Ik citeer dit stukje niet alleen omdat ik het zelf geschreven heb, maar omdat het stamt uit 1973. Ik denk dat de opmerkingen nog volledig waar zijn.
Ook was 1973 het jaar waarop ik voor het eerst in Eindhoven kennis nam van de beeldplatenspeler en van de beeldplaat. In 1983 zal dit ding in Nederland op de markt komen. Daar zit tien jaar tussen, een troost voor diegenen die denken dat de ontwikkelingen niet meer bij te houden zijn.
Het onderwijs kan best voortbestaan zonder micro-elektronica, daar is het onderwijs erg handig in.

Deze zaken komen onder druk van de maatschappij door de achterdeur de school binnen. Dat is gebeurd met het TV-toestel, met de bandrecorder, de videorecorder en met de zakrekenmachine. Letterlijk door de achterdeur, meegebracht door een enthousiaste docent (docenten komen door de achterdeur binnen, zoals u weet).

De zaak is natuurlijk te belangrijk dan om hem alleen aan de enthousiaste pionier over te laten. Maar hij is wel onze bondgenoot.

We zien deze enthousiaste docenten zich vereningen in organisaties als Didacom en Teachip (waarin een man als Rob Docters van Leeuwen actief is).
Maar wat doet de massa? Die vraagt om gemakkelijke en goedkope leermiddelen. En het gemakkelijkste en goedkoopste leermiddel is nog altijd het boek. Een duur leermidel is de docent, maar die krijgt u niet weg, zo u dit al zou willen.

Het is natuurlijk in dit gezelschap een behoudende opmerking, maar als u een leerling een uur vraagstukken uit een boek laat maken en laten we aannemen, dat hij in dat uur drie bladzijden sommen maakt dan heeft dat 40 cent gekost en...de leerling moet meestal nog zelf betalen ook, dat wil zeggen de ouders Waarmee genoeg gezegd is over de problemen van invoering van nieuwe technologieën in het onderwijs en over het boek.

2 De computer als rekenhulpmiddel

Nu we het toch over het boek hebben, eerst even een zijstap naar de toepassing van de computer, direct in de vorm van rekenhulpmiddel of in het algemeen hulpmiddel bij het oplossen van technische problemen. Dat is dus wat anders dan het inschakelen van een computer bij de sturing van het leerproces. Het boek is -daar kom ik straks nog op- primair informatiedrager, maar een schoolboek is méér. Het probeert het leerproces ook een beetje te sturen en de leerling -hoewel dat altijd maar gebrekkig kan- aan te zetten tot probleemoplossend handelen (Whatever that may be, daar zijn de geleerdenook nog niet klaar mee).

Eén van de manieren om problemen op te lossen is met behulp van de moderne elektronica. Het is dus de taak van schoolboekenschrijvers en uitgevers om die problemen zo te formuleren, dat ze vertaalbaar zijn naar de machine. We zien deze ontwikkeling zich langzaam inzetten bij wiskunde-, natuurkunde en scheikundeboeken en natuurlijk in uitgaven voor het techsche onderwijs.

Een positief geluid klinkt bij dit alles uit het mto (over universiteit en hbo heb ik het niet, daar hebben anderen veel meer verstand van). Daar op die mts is de microcomputer gewoon een geaccepteerde zaak aan het worden. Per 1 augustus aansaande krijgen alle leerlingen in het eerste leerjaar basic en zullen ze in alle studierichtingen leren om de problemen voor de computer te vertalen en door de computer te doen uitvoeren. Daar zijn bedragen mee gemoeid van schrik niet 30 000 tot 40 000 per school. En dat vinden ze daar heel wat.

In de studierichting elektronica is de computertechniek èen geaccepteerde zaak en een opdracht om zelf een stukje automatisering in een apparaat te ontwerpen is al heel normaal. Dat zijn samen 10 000 leerlingen per jaar, die een stukje automatisering in onze samenleving binnenbrengen.

Vreemd is het dat het op het niveau daaronder, de lts zo moeizaam gaat. Zeker, er zijn bijscholingen voor lto-leraren, net op gang gekomen, maar er moet hier in veel sneller tempo een proces op gang komen, waar met veel minder geld nog dan op de mts nog een veel beter resultaat kan worden bereikt. Er zou heel snel een lts-opleiding van de grond moeten komen waarbij het testen en servicen van het apparaat centraal staat. Dit zou heel goed passen in de tegenbeweging tegen de veralgemenisering die op gang is gekomen. Zonder in die strijd partij te kiezen -al heb ik wel een mening- kan gezegd worden, dat hier een mogelijkheid bij uitstek ligt om maatschappelijke weerbaarheid aan beroepsoriëntatie te koppelen. Trouwens het vak technologie, of algemene technieken, een vak dat men zo moeilijk inhoud blijkt te kunnen geven, moet -daar zijn velen het over eens- op alle scholen voor voortgezet onderwijs worden ingevoerd. Micro-electronica zou daarbij een belangrijke rol kunnen spelen. We zouden -dit als natuurwetenschappers en technici onder elkaar- een stukje maatschappelijke relevantie terug kunnen veroveren op de sociale wetenschappers.

3 Computer gestuurd onderwijs

Maar nu naar de toepassingen, waarover het vandaag in hoofdzaak gaat, het computergestuurd onderwijs, waarbij de leerling regelrecht met en van de computer leert. Wat zijn de mogelijkheden om het vandaag hier getoonde materiaal werkelijk ingang te doen vinden.
Het is goed om daarbij tussen drie dingen te onderscheiden:

- de hardware
- de leerinhouden, vastgelegd in beeld en geluid of op papier
- de computersoftware daar tussenin, de navigatiesoftware.

Over de hardware het volgende: Zoals ik al eerder zei, de media komen door de achterdeur de school binnen. De leraar of de leerling neemt het materiaal of de ervaring met het materiaal van buitenaf mee de school in. De maatschappij is vóór, de school volgt.

Dat betekent, dat de gewone publieksapparatuur de de school binnenkomt. Dus géén speciale hardware voor het onderwijs! Als Philips ons vraagt welke elektronica we nog meer in het apparaat verwerkt zouden willen zien, speciaal voor onderwijsdoeleinden, zeggen we altijd: "Niks". De grootste ramp die ons kan overkomen is, dat er een speciaal (duurder!) apparaat voor het onderwijs beschikbaar komt. Gelukkig ziet Philips dit ook wel in, maar niemand kan bijvoorbeeld de Japanners verbieden om een eenvoudiger versie op de markt te brengen, waarnaast de Philipsversie met alle mogelijkheden toch een specifieke markt krijgt.

Dan nu de leerinhouden. Wat je ook met leerstof wil uithalen, leerstof moet ergens aanwezig zijn. Men verwacht van uitgevers, dat die raad weten met informatie en dat ze daar mee om kunnen gaan. Ergens moet die informatie vastliggen. Dat kan zijn in een databank, in een geheugen, of op cassette of op de plaat. Het boek zal daarnaast altijd blijven. Het functioneert als uiteindelijke steun en toeverlaat in het leerproces, datgene waarin alles nog een keer op een rijtje staat.

Hoe ziet die informatie er uit? We kunnen die grofweg in twee soorten verdelen:
enerzijds letters en cijfers, alfanumerieke informatie en anderzijds de beelden, meestal gekleurd, bewegend of niet (het geluid pakken we er meteen maar bij). Letters en cijfers horen op papier. Ook wel eens op een beeldscherm, maar daar halen we ze zo gauw mogelijk af met een printer. Men kan zich een uitgever voorstellen als exploitant van informatie, op afroep verspreid op papier, in de één of andere vorm. Denk maar aan toetsservice. Het is dan ook geen geheim dat vele uitgevers grote interesse tonen voor het op elektronische wijze opslaan van informatie. Zolang de verspreiding op papier moet plaatsvinden zie ik die zaak wegens de kosten nog niet gemakkelijk van de grond komen, behalve voor heel gespecialiseerde doelgroepen die daar geld voor hebben. Dus niet het onderwijs.
De uitgevers zullen intussen nog wel kunnen leven van het boek met een flinke oplaag. Als de oplaag te klein wordt (en we zien dat al in bepaalde schoolsoorten) of te persoonlijk gebonden, zal er worden gestencild. Die techniek ontwikkelt zich ook snel. Denk maar aan wordprocessors. Bovendien kan men de informatie daarbij veel sneller veranderen.
Gelukkig blijkt het vierjarenritme, dat wij ongeveer voor onze boeken aanhouden (juist deze maand is er weer een nieuwe druk van de Bosatlas in de handel gegaan die weer vierjaar meemoet) voor het onderwijs nog genoeg om de meeste veranderingen bij te houden.

Beeld en geluid kan ik wel samennemen. Samen stonden ze al jaren op film. Het was en is op scholen gebruikelijk om op gezette tijden in het jaar een film te laten komen, 16 mm, hem één keer in de filmzaal te vertonen en hem dan weer terug te sturen. Geen voorbeeld van integratie in de les. Super 8 zou de oplossing brengen, maar om allerlei redenen, waarvan in de standarisatie wil noemen, de prijs van het materiaal en de dure distributie is dit nooit wat geworden.
De cassette wordt alleen gebruikt voor opnamen van het open net (behalve voor die programma's die het open net niet uitzendt, u weet wel welke, die moet je kopen).
En dan is er nu de beeldplaat. Daarop moet de informatie komen, die dan via allerlei moeilijke wegen weer af te spelen is, het liefst door tussenkomst van de computer.
Waarom niet gemakkelijk beginnen? Gewoon met je vingers op het beeldplaatapparaat. Zoals ik u tussen de middag zelf heb gedemonstreerd. Even wat meer over de beeldplaat (ook een elektronisch hulpmiddel, dus passend in het programma van vandaag). Het maken van een orginele beeldplaat kost ƒ 150 000,- voor een onderwijskundig en didactisch doorwrocht stukje werk. Als u gewoon een docent met een krijtje in de hand een uur laat volpraten en er een camera op zet kost dat natuurlijk minder, maar waarom zou men dat doen? Zeg ƒ 200 000,- voor twee kanten. Eénuur informatie. Er zijn in Nederland 400 lts-en, 400 vwo-havoscholen, 1000 mavo's etc. We hebben het dus altijd (want je hebt nooit 100 % van de scholen, 30 % is al mooi) over enkele honderden platen. Vooruit, 1000. Dan zitten er aan programmakosten op één plaat al ƒ 200,-.
Dat wijst op een verkoopprijs van ƒ 700,- en dat is niet haalbaar. Voor een plaat in de winkel zal men straks mischien ƒ 50,- moeten betalen en een beetje verschil mag er wel zijn, maar dit is te veel.

Misschien moet je ook geen platen voor de scholen alleen maken.
Er zijn een paar wegen te bewandelen:
- niet alles orgineel maken, dus leentjebuur spelen bij de bestaande archieven, NOS Stichting Film en Wetenschap
- internationaal samenwerken (u hebt het voorbeeld gezien)
- laten sponsoren (de auto-industrie zou er best belang bij kunnen hebben, dat er goede platen komen met informatie over hoe de auto in elkaar zit en kan worden gerepareerd). Maar ook organisaties met een opleidingsprobleem en de overheid zouden er belang bij kunnen hebben dat bepaalde informatie op kwalitatief hoogwaardige wijze wordt verspreid, denk aan een Teleacachtige cursus computergebruik op lts-niveau.
- informatie brengen op een manier die niet alleen voor de scholen interessant is, maar ook voor de gewone geïnteresseerde.

Zo kan een sportfilm voor de consument leuk zijn om te zien, maar voor de vakman een schat van informatie opleveren voor training en coaching.

De beeldplaat is een uitdaging voor uitgevers en één van de weinige media die het nu eens mogelijk te maken om beeldinformatie voor een betaalbare prijs in grote aantallen voor het onderwijs ter beschikking te laten komen. Daarom ben ik er ook zo enthousiast voor. Nu even iets over de navigatiesoftware. Er zullen -en u kunt vandaag en vooral zometeen daarover meer horen en zien- apparaten op de markt komen en deels in bijvoorbeeld een beeldplatenspeler worden ingebouwd, die de docent in staat stellen op allerlei voorgeprogrammeerde manieren met de informatie om te springen. Vooral natuurlijk de leerling er mee om laten springen. Naarmate deze apparatuur gebruikersvriendelijker wordt zal de docent de programma's steeds gemakkelijker naar eigen hand zetten, waardoor er voor de uitgever helemaal geen taak is overgebleven.
Dan is de stencil in elektronische vorm weer teruggekomen. Maar is dat goedkoop? Zijn ze zo zorgvuldig samengesteld als we mogen aannemen als we het rapport Rathenau geloven? Het aardige van vele door docenten gemaakte producten is hun persoonlijke en zeer aan het publiek aangepaste stijl. Hoe vaak krijgen we niet alleraardigste manuscripjes aangeboden die we echter moeten afwijzen omdat wat in de klas bij die docent zo lekker functioneert daarom nog niet generaliseerbaar is. Kortom, hou de navigatiesoftware zo dicht mogelijk bij de individuele docent.

Practicum apparatuur

Er is nog één gebied, dat misschien nog even ter sprake moet komen. Het hangt er misschien nu wat bij, maar ik wil het toch even noemen. Het is de toepassing van elektronica in het natuurkunde- en scheikundeonderwijs. Mijn toespraak heet immers Toepassing van elektronica in het onderwijs. Ik wees er al even op, dat er een voorzichtige tendens is naar het formuleren van enkele vraagstukjes in die zin, dat ze met een computer kunnen worden opgelost. Dat wat betreft de vraagstukken. Veel reëler is het om zelf metingen te doen en deze langs elektronische weg te analyseren en door te rekenen. In een enkele school vinden op dit vernieuwingen plaats. De Westfriese scholengemeenschap kocht voor dit doel voor weinig geld in Engeland rekentuig, waarover ze in Faraday van december 1980 schreven.
Men kan zich afvragen of hier een systematische trend in te voelen is. Die zou moeten inzetten bij het gebruik van nieuwere en snellere apparaten. Men voorspelt binnen enkele jaren het algehele overlijden van de ons zo vertrouwde kwikthermometer en het aflezen van tijden in honderdsten van seconden is ons van het TV-scherm vertrouwd. Trouwens een prachtig voorbeeld van hoe de maatschappij voorloopt op het onderwijs: iedereen is gewend aan honderdsten van seconden bij schaatswedstrijden terwijl er op scholen nog driftig met van die grote wijzerklokken wordt gewerkt, ook als het om onderdelen van seconden gaat.

De vele elektronicasets -elke apparatenfirma heeft er één in zijn programma- worden op scholen niet in hoge mate toegepast. Dat heeft voornamelijk didactische redenen. In het algemeen is het geheel van de persoonlijke kleur van de docent afhankelijk in hoeverre NTC's, LDR's, LED's en noem maar op worden gebruikt in het natuurkundepracticum. De stopweerstanden en oude buistriodes tieren overal nog welig.

Conclusies

Wat wil ik nu?
Mag ik een paar aanbevelingen doen:
Er moet zo snel mogelijk een didactiek komen -vooral op uitvoerend niveau- van de microtechnologie vooral ten dienste van het lbo. Dit is een taak voor de ACLO-E die daar tijd, geld en gelegenheid voor moet hebben.
Her- en bijscholing moeten met kracht worden aangepakt. In het normale tempo gaat dit niet. Uitgevers zullen dit proces graag begeleiden en zijn graag bereid om met anderen om de tafel te gaan zitten. Niet om snel rijk te worden, maar om samen ergens te komen. Wat betreft de navigatiesoftware, hier zie ik geen taak voor uitgevers. Integendeel, naarmate de apparatuur gebruikersvriendelijker wordt zal het voor de individuele docent steeds gemakkelijker worden zelf allerlei randmateriaal te vervaardigen, bijvoorbeeld voor de achtergebleven leerling. Misschien zal er in de wat verdere toekomst bij een leerpakket wel een floppy discje worden geleverd, zoals nu wel eens een boek met overheadsheets. Verwacht u daar niet te veel van . Wel zult u van uitgevers mogen verwachten, dat zij als informatieleveranciers zich bezig zullen houden met de opslag en verspreiding van de broodnodige informatie, hetzij via boek, hetzij via de beeldplaat of op de één of andere databank-achtige manier.

Ik pleit in dit verband voor open samenwerkingsvormen, ook met de overheid, dus als één van u informatie te verspreiden heeft, kom eens langs.

Voordracht gehouden op 19 februari 1981 op de THD, tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (nr. 295), Sectie Telecommunicatietechniek KIvI en de Benelux Sectie IEEE.

TOEPASSING VAN ZONNECELLEN
- enige systeembeschouwingen -

dr.ir. A.H.M. Kipperman
Technische Hogeschool Eindhoven

Solar cell applications - some system considerations. A system should fulfil the strict requirements of the user and provide him with some additional features at the lowest possible cost. Therefore a strong interaction between the user's requirements and the system design is necessary to meet the non-simultaneous generation and consumption of electricity.
Apart from the instantaneous matching of the system to the generator, i.e. maximum-power-point-tracking, integral energy matching is also necessary to provide the user with the minimum guaranteed power during the night and the early morning.
It is therefore concluded, that apart from a feedback, also a forecast has to be incorporated to direct the energyflow.

1. INLEIDING

Fotovoltaïsche cellen of zonnecellen in systemen voor de generatie van elektrische energie komen steeds meer binnen het bereik van verschillende toepassingen. De voornaamste reden daarvan is dat de prijs, komend van het zeer hoge bedrag voor "ruimtevaartcellen", voortdurend blijft dalen. Op initiatief van de Amerikaanse regering zijn in de V.S. al enkele projecten gerealiseerd en meerdere in voorbereiding, terwijl de Europese Gemeenschappen recent een inschrijving hebben gehad voor systemen van 30 - 300 kW piekvermogen.

Voor een systeem behoort te gelden dat daarin de minimum-eisen en gemiddelde wensen van de gebruiker op een zo goedkoop mogelijke manier vervuld worden. Op de wisselwerking tussen gebruiker en zonnecellen zal onderstaand nader worden ingegaan om wat inzicht te krijgen in de systeemaspecten.

2. TOEPASSING VAN ZONNECELLEN, WAAR EN WANNEER

Een gebruiker wil de beschikking hebben over elektrische energie en heeft daarvoor op dit moment verschillende alternatieve mogelijkheden. Daarbij zijn alternatieven, die een gemakkelijke en goedkope opslag van de energie hebben, zeer aantrekkelijk voor hem. Hij is dan geheel vrij betreffende het tijdstip waarop hij over de energie wenst te beschikken. De opslag van fossiele brandstof als primaire energie zoals kolen en olie, is erg gemakkelijk en goedkoop, ook in grote hoeveelheden. Indien echter de aanvoer van de primaire energie moeilijk en duur is, dan vervalt het aspect van de aantrekkelijke opslag van kolen en olie en worden zon en wind de economisch verantwoorde vervangers. Eigen aan deze laatste twee is dat opslag ervan niet mogelijk is, dus moet het systeem uitgerust worden met een opslagfaciliteit voor secundaire energie om voor het probleem van de ongelijktijdigheid van aanbod en vraag een oplossing te bieden.

In het overzicht van figuur 1 zijn de beide soorten primaire energie schematisch verwerkt. Men lette daarbij op de zuurstof als tweede -vaak vergeten- component van de brandstof in de "fossiele" lijn, welke door de wind aangevoerd moet worden.

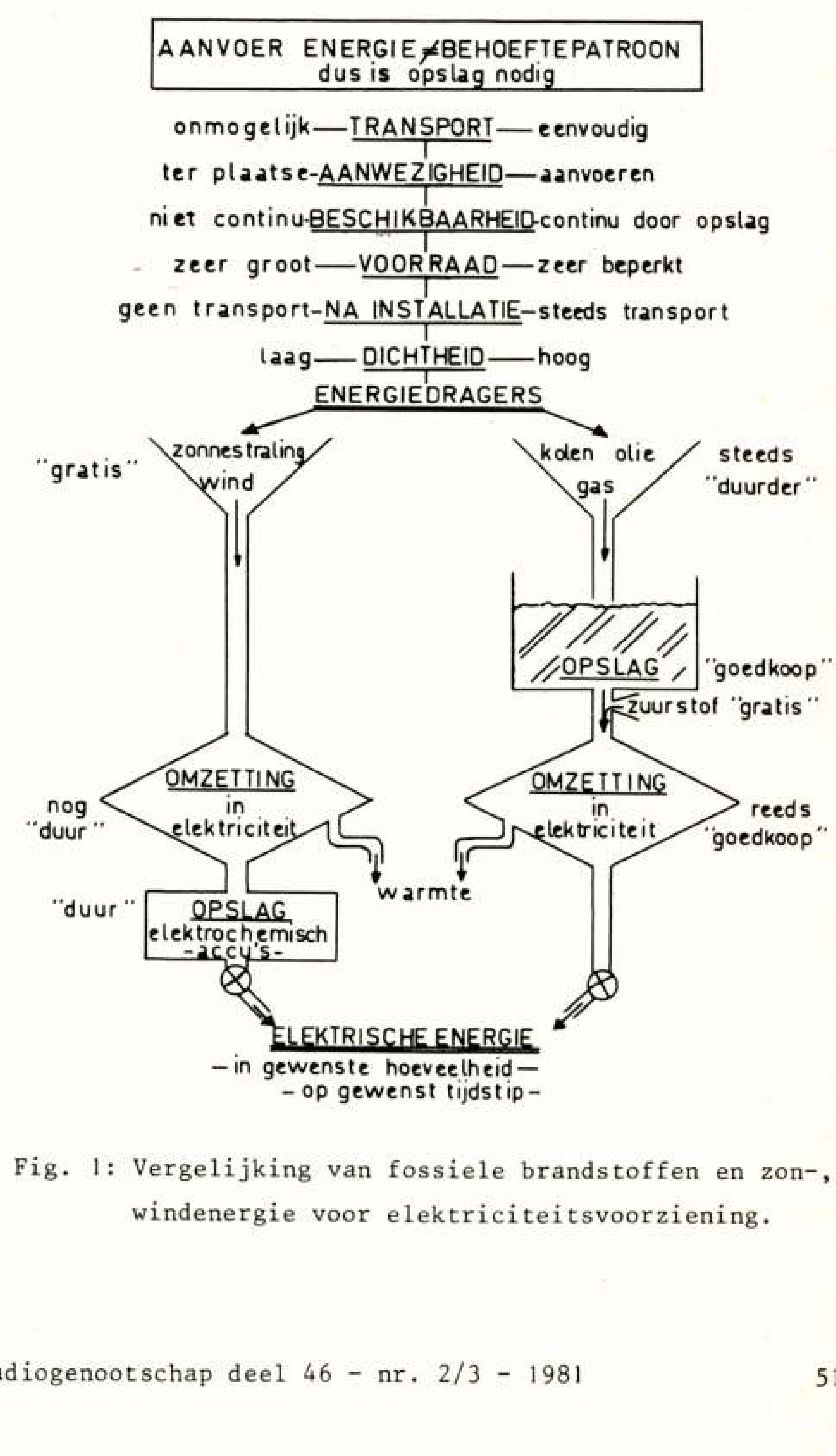


Fig. 1: Vergelijking van fossiele brandstoffen en zon-, windenergie voor elektriciteitsvoorziening.

3. HET SYSTEEM

Een systeem dat een gebruiker van elektrische energie voorziet kan alleen dan goed geanalyseerd worden als de (fictieve) gebruiker met zijn karakteristieke eigenschappen in de beschouwing wordt betrokken. De reden dat dit bij elektrische systemen een absolute noodzaak is, komt voort uit het feit dat elektrische energie praktisch niet samendrukbaar is en geen looptijd kent. De verbruiker heeft daardoor een zeer sterke invloed op de energiestroom in het systeem.

In een systeem met zonnecellen wordt de inkomende straling, direct en difuus, in de cellen geabsorbeerd en omgezet in elektrische energie. De generatie van elektrische energie hangt daarmee direct af van de intensiteit van het licht en dus van de weersgesteldheid, het klimaat en de plaats op aarde. Behalve de dag/nacht cyclus zijn er de seizoenen met soms veel bewolking die, op een enkele uitzondering na, een opslag van de energie nodig maken om de gebruiker in zijn eisen tegemoet te komen.

Daar opslag van elektrische energie nog steeds tamelijk onhandig en nogal duur is, moeten in het systeem de energiestromen actief gestuurd worden om met een zo klein mogelijke generator (70% van de kosten) en opslag (20% van de kosten) te kunnen volstaan. Bij deze sturing zijn van belang de vullingsgraad van de opslag tegen het gegeven verbruikspatroon en de nog te verwachten instraling op die dag, zie figuur 2.

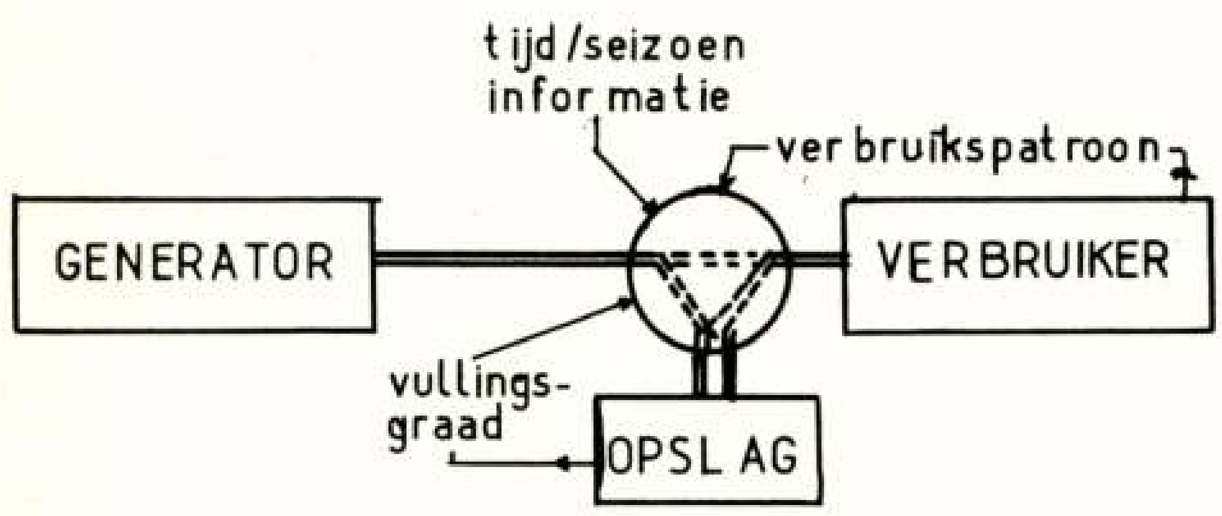


Fig. 2: Zonnecelsysteem met terugkoppellijnen voor optimalisering.

4. EIGENSCHAPPEN VAN FOTOVOLTAÏSCHE CELLEN

Een zonnecel is in wezen een diode van halfgeleidermateriaal, meesta n-p siliciumdiode, in de vorm van een platte schijf met een kamvormig bovencontact om het licht in te kunnen vangen en met een zo groot mogelijk rendement om te zetten in elektrische energie.

In figuur 3 is zo'n cel getekend met de "diode"-karakteristiek in het donker en onder belichting.

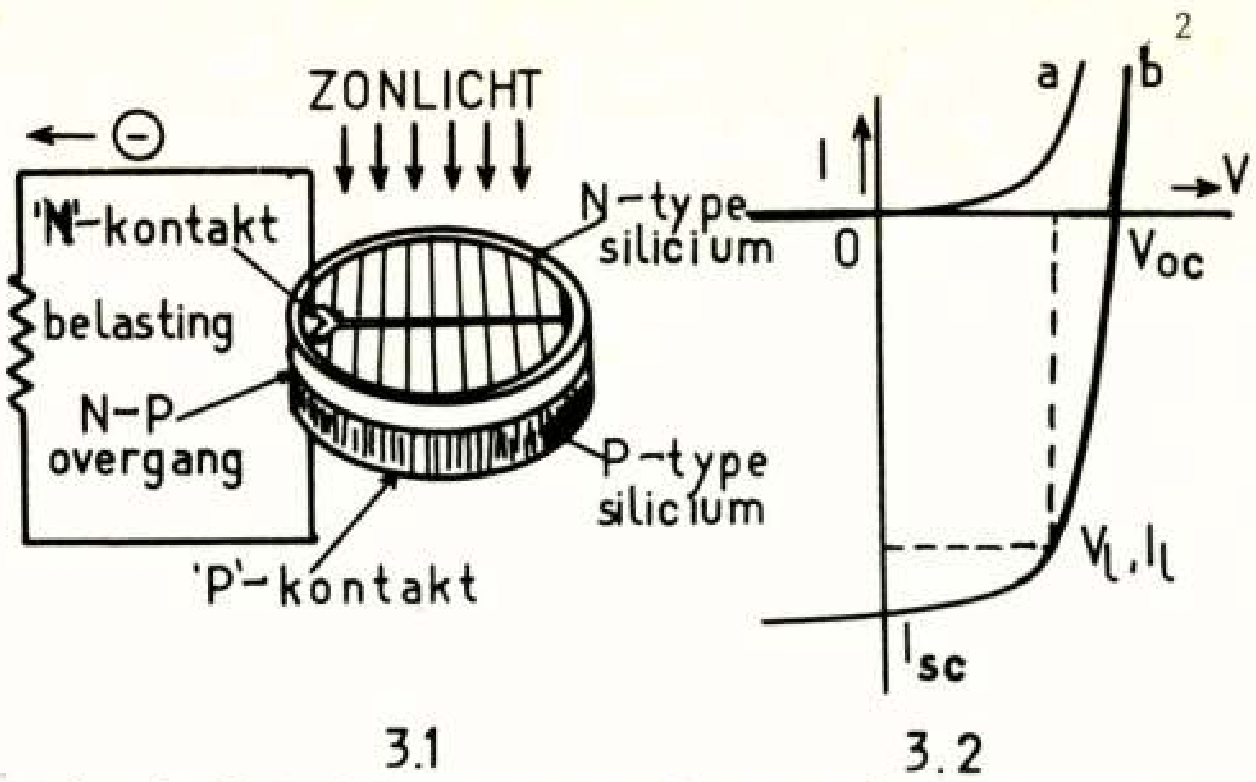


Fig. 3: 3.1. Schets van een fotovoltaïsche zonnecel.
3.2. Stroom-spanningskarakteristiek van een zonnecel.
a: in het donker, en b: onder belichting
V_{oc} = open spanning, I_{sc} = kortsluitstroom en I_m = maximaal afgegeven vermogen.

Het rendement van een fotovoltaïsche cel hangt sterk af van het spectrum van het zonlicht en van de temperatuur. Veronachtzaming van deze invloeden kan als een van de belangrijkste oorzaken worden aangewezen voor het slecht voldoen van "goede" systemen.

De absorptie van licht in het halfgeleidermateriaal van de zonnecel is evenredig met de intensiteit, maar hangt op een voor de halfgeleider karakteristieke wijze van de golflengte (= energie) van het licht af.

Licht kan namelijk beschreven worden als een golfverschijnsel met een golflengte λ maar ook als een stroom energiepakketjes, fotonen of lichtquanten genoemd, waarvan de energie omgekeerd evenredig is met de golflengte. De intensiteit van het licht is dan het produkt van het aantal fotonen maal de energie per foton. Het verband tussen de fotonenergie en de golflengte is als volgt: in infrarood licht met een golflengte van 1 µm hebben de fotonen een energie van 1,24 eV *), bijvoorbeeld zichtbaar licht met een golflengte van 0,4 µm in het blauw bevat fotonen met een energie van 3,10 eV tot 1,55 eV bij een golflengte van 0,8 µm in het rood.

Als een stroom fotonen (= licht) op een halfgeleider valt, zullen alleen fotonen met een energie groter dan een zekere drempelwaarde geabsorbeerd worden en wel des te sterker naarmate de energie hoger is. Deze drempelwaarde is de zogenaamde bandafstand of verboden zône E_g en is voor silicium, waar de meeste zonnecellen van gemaakt worden, 1,07 eV, wat overeenkomt met een golflengte van het licht van 1,15 µm (infrarood).

Zonlicht is samengesteld uit licht met golflengten

*) 1 eV = 1 elektronvolt = $1{,}6 \times 10^{-19}$ Joule, is de energie die een elektron krijgt als het 1 Volt spanningsverschil doorloopt.

tussen 0,3 en 2,5 μm, waarvan de verdeling afhangt van de stand van de zon (o.a. uur van de dag) en de toestand van de atmosfeer: dus bij dezelfde totale intensiteit kan het aantal fotonen verschillend zijn, afhankelijk van de spectrale samenstelling. Bij loodrechte inval en heldere atmosfeer is de intensiteit van het zonlicht 1 kW/m^2 en dit zijn ongeveer $5{,}5 \times 10^{21}$ fotonen/sec, waarvan er $2{,}8 \times 10^{21}$ een energie hebben groter dan 1,07 eV.

Een foton met een energie E groter dan 1,07 eV maakt bij absorptie in silicium een gebonden elektron vrij beweegbaar, daardoor blijft een lege plaats (= gat) achter. Door opvullen van dit gat door een elektron uit zijn naaste omgeving is ook dit gat beweegbaar, zij het minder dan een vrij elektron. De energie die het foton meer heeft dan 1,07 eV is te veel en gaat verloren in warmte; de bruikbare energie per foton is dus maar 1,07 eV. Het vrijgemaakte elektron blijft niet altijd vrij maar wordt gemiddeld na een bepaalde tijd (= levensduur τ_e) weer ingevangen door een gat waarbij het restant energie, de 1,07 eV, als warmte vrijkomt (het invangen = recombinatie). In zuiver éénkristallijn silicium is de levensduur τ_e ongeveer 100 μsec, in praktisch zonnecelmateriaal 2 à 4 μsec en in polykristallijn silicium ongeveer 0,5 - 2 μsec.

Het fotovoltaïsch effect is nu, dat de vrijgemaakte elektronen in de n-p diode naar het gebied met de laagste energietoestand bewegen: dat is het n-gebied en voor de gaten het p-gebied. Daardoor wordt dus het n-gebied negatief en het p-gebied positief opgeladen; deze oplading verzadigt bij een spanning van 0,6 - 0,7 Volt.

Als buiten de diode om het n-gebied met het p-gebied wordt verbonden via een weerstand dan gaat er een stroom I lopen en levert de diode vermogen, de verzadigingsspanning wordt echter niet bereikt. Sluiten we de diode kort dan stromen alle vrijgemaakte elektronen, die het n-gebied bereiken door de uitwendige verbinding, en recombineren met de gaten als ze in het p-gebied aankomen. Het aantal vrijgemaakte elektronen dat het n-gebied bereikt, is evenredig met het aantal ingestraalde fotonen; daarom is deze kortsluitstroom evenredig met de ingestraalde lichtintensiteit.

In formulevorm kan het verband tussen de stroom I en de spanning V van een zonnecel als volgt geschreven worden (voor temperaturen tussen ongeveer 0 en 60°C):

$$I = I_o \left[10^{(V-I.R_s).(1-\Delta t/300).16,8/n}-1\right] - I_f + (V-i.R_s)/R_{sh}, \qquad (1)$$

met I_o = verzadigingsstroom van de diode (neemt toe met ca. 10% per graad);

q = elementaire lading = $1{,}6 \times 10^{-19}$ Coulomb;

n = diode-kwaliteitsfactor (n > 1); R_s = serieweerstand;

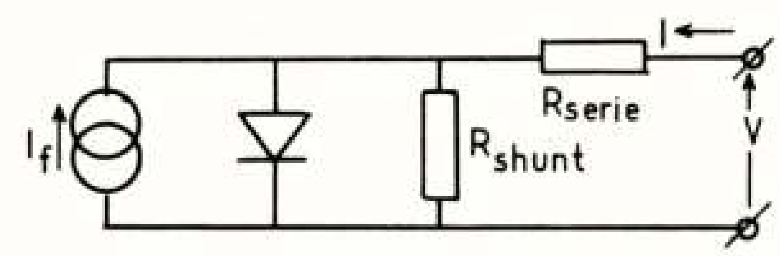
Δt = temperatuurstijging boven 27°C; R_{sh} = shuntweerstand;

I_f = door belichting gegenereerde fotostroom (alle vrijgemaakte elektronen die het n-gebied bereiken).

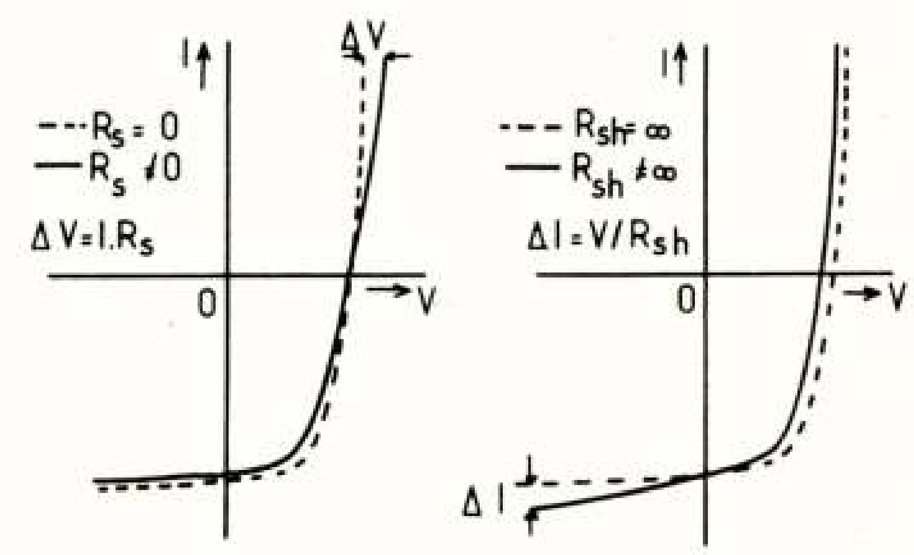
De fotostroom I_f geeft dus een verschuiving van de diodekarakteristiek naar beneden langs de stroom-as. De invloed van de temperatuur merkt men bijvoorbeeld zeer duidelijk aan de daling van de open spanning V_{oc} door de stijging van I_o volgens:

$$V_{oc} = [n/16,8.(1-\Delta t/300)] \times \log(1+I_f/I_o). \qquad (2)$$

Zie figuur 4 voor het vervangingsschema van de cel en de invloed van serie- en shuntweerstand (lek).



4.1



4.2

Fig. 4: 4.1. Elektrisch vervangingsschema van een belichte fotovoltaïsche zonnecel.
4.2. Invloed van de serie- en de shuntweerstand op de I-V karakteristiek.

Karakteristieke parameters voor een cel zijn:
n = 1,5; I_f = 40 mA/cm^2; I_o = 0,027 $\mu A/cm^2$;
V_{oc} = 0,55 Volt; R_s = 0,6 Ω/cm^2;
R_{sh} = 500 Ω/cm^2 en T = 27°C (T = 300 K).
Deze waarden betekenen een verlies ten gevolge van de serieweerstand van ≃ 4,5% en ten gevolge van de shuntweerstand van ≃ 2,5%.

5. DIMENSIONERING VANUIT DE GEBRUIKER

In een elektriciteitsvoorzieningssysteem met zonnecellen kan onbeperkte vermogensleverantie alleen worden gegarandeerd als deze een klein deel is van het maximale vermogen. Dit betekent echter dat naast de opslagcapaciteit voor de dag/nacht cyclus een veel

grotere opslag nodig is om de seizoenwisselingen te compenseren. Het systeem kan veel beter aangepast worden als de gebruiker zijn eisen ten aanzien van het minimum en zijn wensen over het gemiddelde vermogen aangeeft; de betere aanpassing resulteert dan in een lagere kWh-prijs.

De opslag moet ten minste de minimale energie voor de nacht kunnen leveren. Het conversiesysteem (= de generator) moet dan tenminste het minimale etmaalverbruik + de verliezen in de opslag kunnen leveren. Bij grotere opslagcapaciteit dan de minimale is het mogelijk energie uit een tijd met hoge instraling op te slaan om bij lage instraling de levering aan te vullen. In dit geval moet de middeling over een langere tijd dan een dag/nacht cyclus plaatsvinden. In beide gevallen volgt het noodzakelijke minimale celoppervlak door de te leveren energie te delen door de ingestraalde energie maal het conversierendement (men lette op de opslagverliezen).

Als de wens van de gebruiker om meer energie samenvalt met een evenredig hogere instraling kan het systeem daar zonder uitbreiding aan voldoen. Anders is een vergroting van het systeem noodzakelijk en weet de gebruiker wat de wensen hem kosten.

Het momentaan onttrekken van een vermogen dat veel groter is dan het geleverde vermogen, betekent een zware belasting van de opslag en een scherpte-daling van het opslagrendement. Een "rustig" verbruikspatroon, zoveel mogelijk aangepast aan de instraling, resulteert in een lagere investering, dus een lagere kWh-prijs.

6. SYSTEEMSTRUCTURERING

Nadat in het bovenstaande de opbouw van een fotovoltaïsch zonnecelsysteem is besproken, kan tot slot de structurering van het systeem tot de volgende hoofdpunten worden teruggebracht.

- Het garanderen van een minimale energie 's nachts (in de winter) vereist een actieve sturing van de energiestroom overdag (in de zomer) van de generator naar de opslag. Daarbij hoort rekening te worden gehouden met verbruikspatroon en de nog te verwachten instraling.
- De ingangsimpedantie van de gebruiker + opslag hoeft niet zodanig te zijn dat de generator in het punt van maximaal vermogen bedreven wordt; een aanpassingseenheid (= maximum power point tracker) is dus nodig.
- Bij afnemende lichtintensiteit en stijgende temperatuur kan het nodig zijn de spanning op te transformeren om de daling te compenseren. (= up-convertor).

  Een voller wordende opslag vereist een hogere spanning om verder gevuld te kunnen worden, daarvoor is een teruggekoppelde "up-convertor" nodig.

7. LITERATUUR

Recente literatuur over systemen is te vinden in de:

- Proceedings 14th IEEE Photovoltaics Specialists Conference 1980, San Diego, U.S.A.
- Proceedings 2nd EEC Photovoltaic Solar Energy Conference 1979, Berlin.

Voordracht gehouden in het Koninklijk Instituut van Ingenieurs te den Haag op 20 nov. 1980 tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (nr. 293), de Sectie Telecommunicatietechniek KIvI, en de Benelux Sectie IEEE.

IS WIND IN DE TOEKOMST VOOR NEDERLAND EEN ENERGIEBRON VAN BETEKENIS?

Ir. W. J. de Zeeuw
Technische Hogeschool Eindhoven

Inleiding

De titel roept direct enkele nieuwe vragen op nl.:

1. Wat is de energiebehoefte van Nederland?
2. Wat kan een windmolen leveren en aan welke eisen moet de bedrijfsvoering voldoen?
3. Waar kunnen we deze molens plaatsen en hoeveel molens kunnen er geplaatst worden?
4. Welke gevolgen heeft dit voor de infrastructuur van de energievoorziening?
5. Welke bijkomende effecten zijn er?

1. Wat is de energiebehoefte van Nederland?

Onze welvaart, die de meesten van ons wel graag willen behouden, danken we voor een groot deel aan het beschikbaar hebben en het gebruiken van energie voor warmte, licht, kracht, transport en communicatie.

Ter oriëntering enkele getallen over het energiegebruik in Nederland in 1978. Zie tabel 1.

Zoals we verder zullen zien (fig.1) gaat van de totale verbruikte energie een aanzienlijk deel verloren bij de omzetting naar de geschikte verbruiksvorm. Om een idee te geven hoe groot onze welstand eigenlijk wel is het volgende ietwat cynische gedachtenexperiment.

Stel dat we nog net als ten tijde van de Romeinen alle arbeid door slaven - die elk een vermogen kunnen ontwikkelen van 100W - zouden laten verrichten, dan zouden er per Nederlander bij een 40-urige werkweek voor de slaven, bv. 18 slaven nodig zijn om het totaal elektrisch verbruik te leveren, of 5 slaven voor het dekken van alleen het elektrisch huishoudelijk verbruik.

Het elektrisch equivalent van deze 5 slaven kost ons per jaar slechts ca. f 150,--. De moderne technologie heeft ons dus wel aanzienlijk vooruitgeholpen. We danken dit naast onze werkkracht en onze handelsgeest ook aan de zeer lage prijs van de energie.

In de Gouden Eeuw waren we nog aangewezen op turf en hout voor verwarming en windmolens voor mechanische arbeid; in de vorige eeuw stonden er nog ca. 10.000 windmolens in Nederland en rond de Noordzee in totaal ongeveer 25.000. Deze werden verdrongen door de komst van de stoommachine, de winning van kolen en de opmars van olie vanaf het begin van deze eeuw. De natuur schonk ons energie in een zeer geconcentreerde vorm, die ook nog betrekkelijk gemakkelijk en dus goedkoop ter beschikking kwam in grote hoeveelheden; het kon niet op.

1.1. Wat doen we met energie?

1. Verwarming van huizen en gebouwen, koken.
2. Verlichting.
3. Kracht, mechanische bewerkingen, vervoer.
4. Telecommunicatie.

We zullen nu eerst nagaan uit welke energiebronnen we thans kunnen putten en wat nodig is om deze gegeven energievormen om te zetten in die, welke nodig zijn om aan de in de punten 1 t/m 4 gegeven behoeften te kunnen voldoen.

Zulk een omzetting heet conversie en gaat dikwijls gepaard met veel verliezen. Men spreekt dan van een laag rendement. Het optreden van veel verliezen ligt dikwijls geheel in de natuur van het omzettingsproces en niet aan gebrekkige middelen. In de tabel 2 is dit samengevat.

Uit deze tabel blijkt wel dat elektrische energie als energiedrager zeer geschikt is. Thans moet elektrische energie nog gewonnen worden met een tussentrap door verbranding van fossiele brandstoffen of uit kernenergie. In beide gevallen treden grote verliezen op.

Indien elektrische energie direct uit mechanische energie (bv. wind) gewonnen zou kunnen worden zou dit naast een goed rendement nog het voordeel hebben dat er geen vervuiling en schoorsteenverliezen optreden.

Hoe we de totale hoeveelheid energie gebruiken is voorgesteld in fig. 1. Pijlen naar links wijzen op zuivere verliezen, zwarte pijlen naar beneden op het nuttig gebruikte deel.

In deze tijd waarin we ons zorgen maken om de eindigheid van de voorraden van gas, kolen, olie en uranium

	per jaar totaal	gemiddeld verbruik per persoon/per uur
totaal energieverbruik	720 10^9 kWh	≈ 6000 Wh
totaal elektr.verbruik	52 10^9 kWh	≈ 425 Wh
totaal huishoudelijk verbruik	140 10^9 kWh	≈ 1150 Wh
totaal elektr.huish.verbruik	15 10^9 kWh	≈ 120 Wh

Tabel 1

Energiebron c.q. energiedrager	Warmte	Licht	Kracht	Communicatie
zon	x	x	-	-
wind	-	-	x	-
kolen	η ca.80%	mogelijk doch met slecht rendement	na omzetting via warmte-tussentrap slecht rend.	-
olie	η ca.80%			-
aardgas	η ca.85%			-
uranium	-		η 30-40%	
elektriciteit	η 100%	zeer geschikt	η > 90%	uitmuntend geschikt
x + direct	- = ongeschikt		η = rendement	

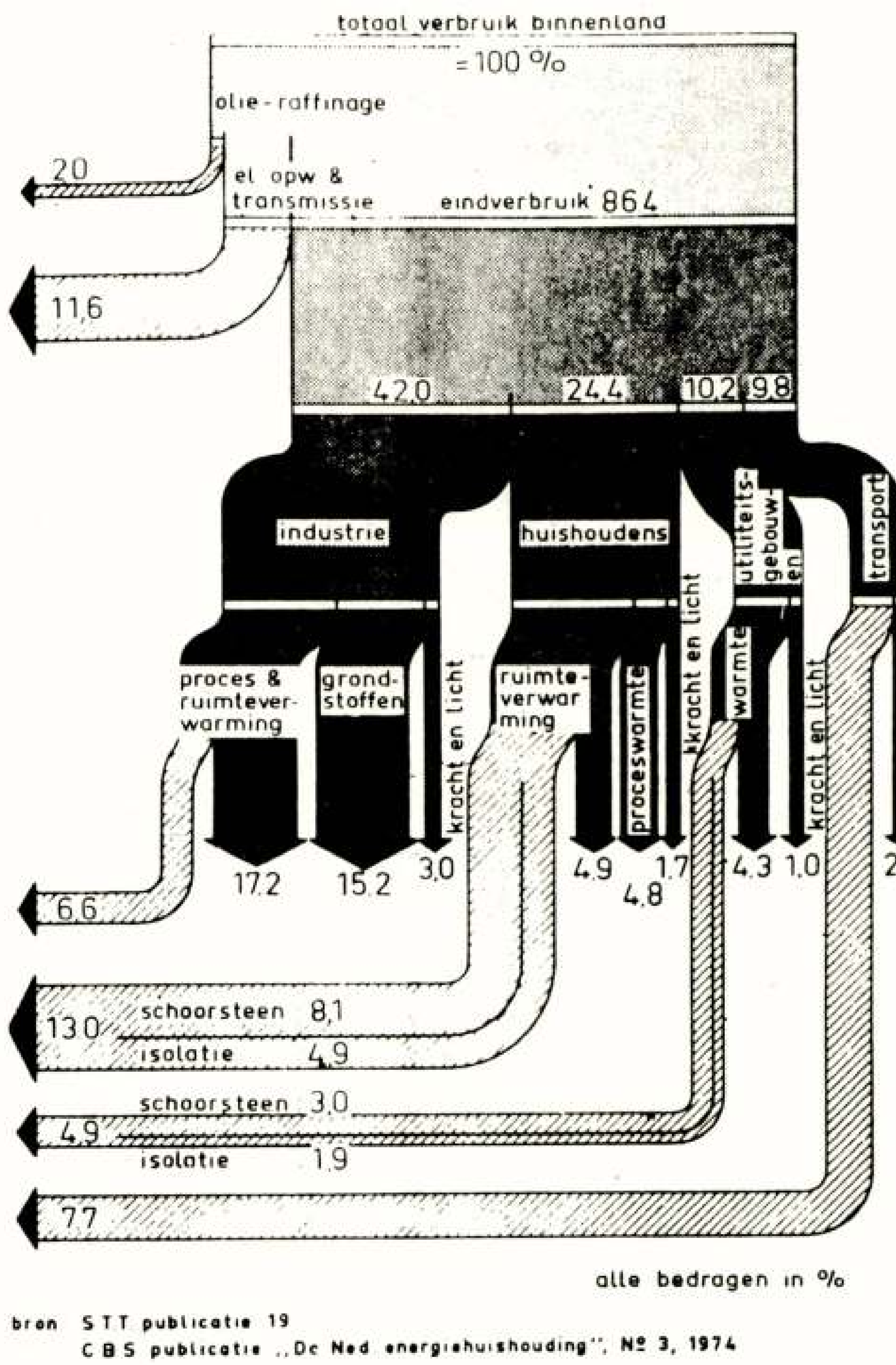
Tabel 2

en tevens om de vervuiling, de gevaren bij de toepassing van kernenergie en allerlei politieke implicaties, lijkt wind voor Nederland een gunstig alternatief. Wind is een bron, die niet opdroogt, die niet kan worden afgesloten en als we de windenergie direct omzetten in elektrische energie, een niet-vervuilende energiedrager. Een geweldig voordeel is dat alle pijlen naar links vervallen. Immers indien we niet meer van olie etc. gebruik maken treden er geen rookgas- en schoorsteenverliezen noch verliezen door aanvoer van koude buitenlucht voor de verbanding meer op.

Als we het energieverbruik bij het transport even buiten beschouwing laten dan blijkt dat we volgens fig. 1 bij gebruik van windenergie zonder meer 38% besparen bij een gelijkblijvende comfort. Daar een groot deel van de energie wordt gebruikt voor warmteprocessen en verwarming blijkt het mogelijk door verbeterde isolatie gebruik van zonnecollectoren en warmtepompen, benevens het hergebruik van afvalwarmte bij warmteprocessen nog eens 23% te kunnen besparen.
Dit levert voor 1978 de getallen welke in tabel 3 zijn opgegeven.
De vraag blijft nu: kan deze hoeveelheid energie door de wind worden geleverd?

2. Wat kan een windmolen leveren?

Voor de hoeveelheid vermogen in een luchtstroom, die met een snelheid v vloeit door een loodrecht op de stromingsrichting staand oppervlak A kan men schrijven $P = \frac{1}{2}\,\rho\, A\, v^3$, waarin ρ = soortelijke massa van lucht = 1,3 kg/m^3.



Figuur 1. Vereenvoudigde energiebalans Nederland (1973).

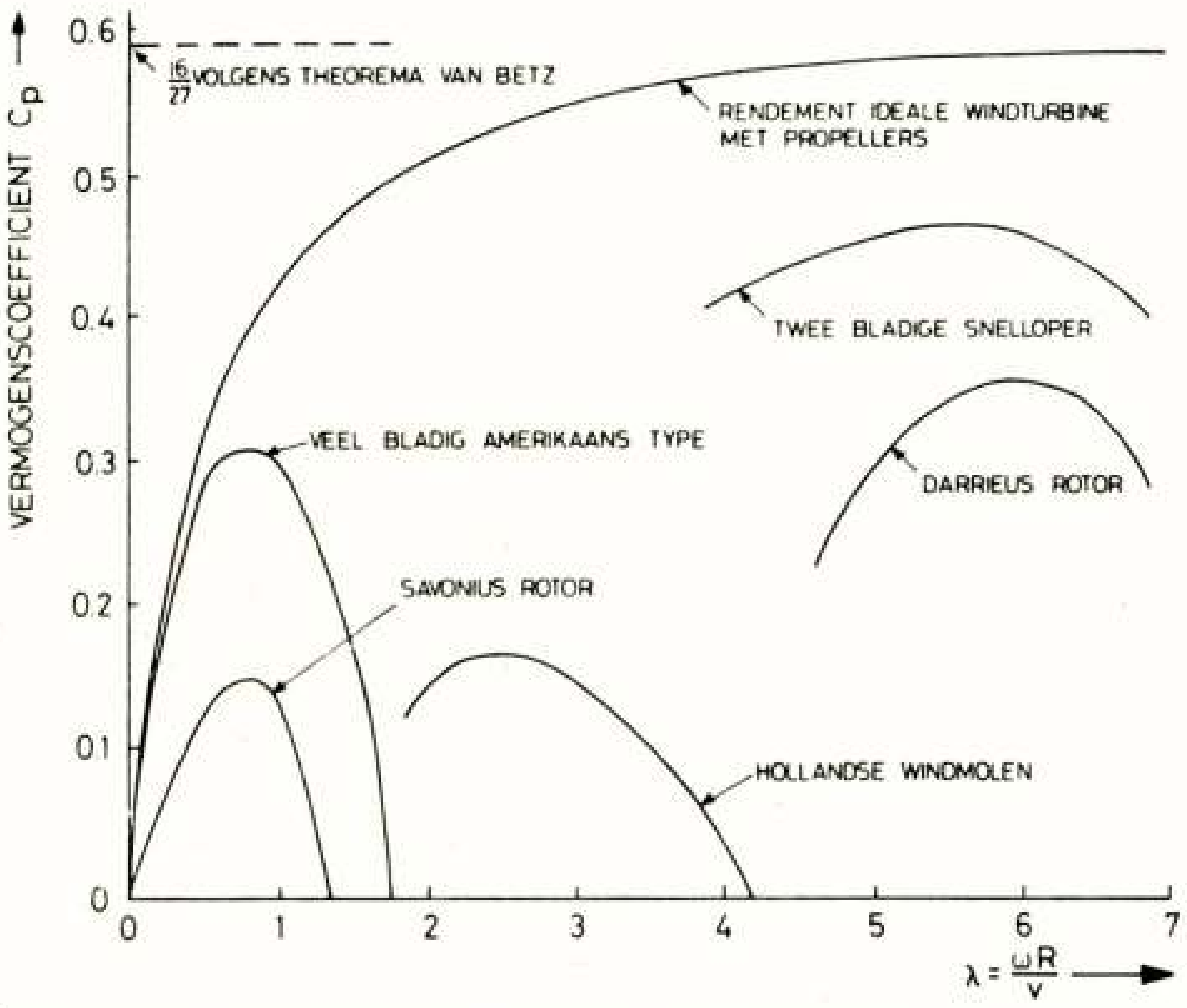
gebruik aan olie, gas etc.	720 10^6 MWh
verliezen 38%	274 10^6 MWh
blijft	446 10^6 MWh
door betere isolatie, zonnecollectoren, warmtepompen, etc. 23%	166 10^6 MWh
te produceren	280 10^6 MWh

Tabel 3

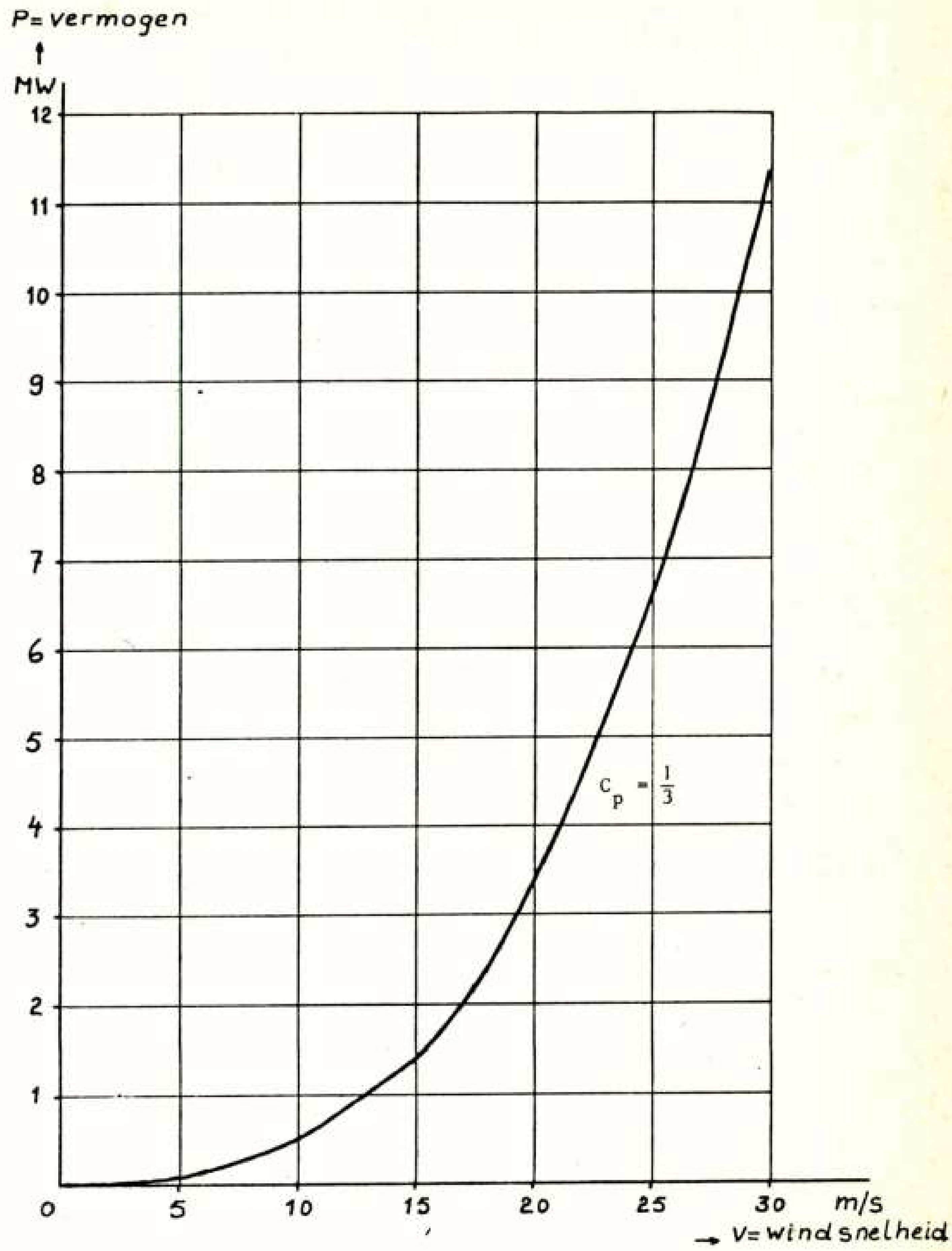
Zelfs de meest moderne en efficiënte windmolen kan volgens het theorema van Beth maximaal $\frac{16}{27}$ van de aanwezige energie uit de lucht halen. Immers, indien de energie volledig zou worden benut, zou de windsnelheid achter de molen nul zijn. Dit is fysisch onmogelijk, omdat steeds nieuwe lucht aanstroomt, die weer moet worden afgevoerd. Deze vermogensvermindering wordt weergegeven door een vermogenscoëfficiënt C_p.

Voor het door de molen ontwikkelde vermogen kan men dus schrijven:

$$P_m = \frac{1}{2} C_p \rho A v^3.$$



Figuur 2. Vermogenscoëfficiënt als functie van de snellopendheid voor diverse typen windturbines.



Figuur 3. Het maximale vermogen van een windturbine met een diameter van 50m.

In werkelijkheid is C_p kleiner dan $\frac{16}{27}$ vanwege de aerodynamische verliezen van de rotorbladen e.d.

In figuur 2 wordt een indruk gegeven welke waarden C_p bereikbaar zijn afhankelijk van het molentype en de relatieve snelheid van de rotor ten opzichte van de windsnelheid. Deze relatieve snelheid wordt uitgedrukt in de zgn. snellopendheid $\lambda = \frac{\text{rotatiesnelheid}}{\text{windsnelheid}}$

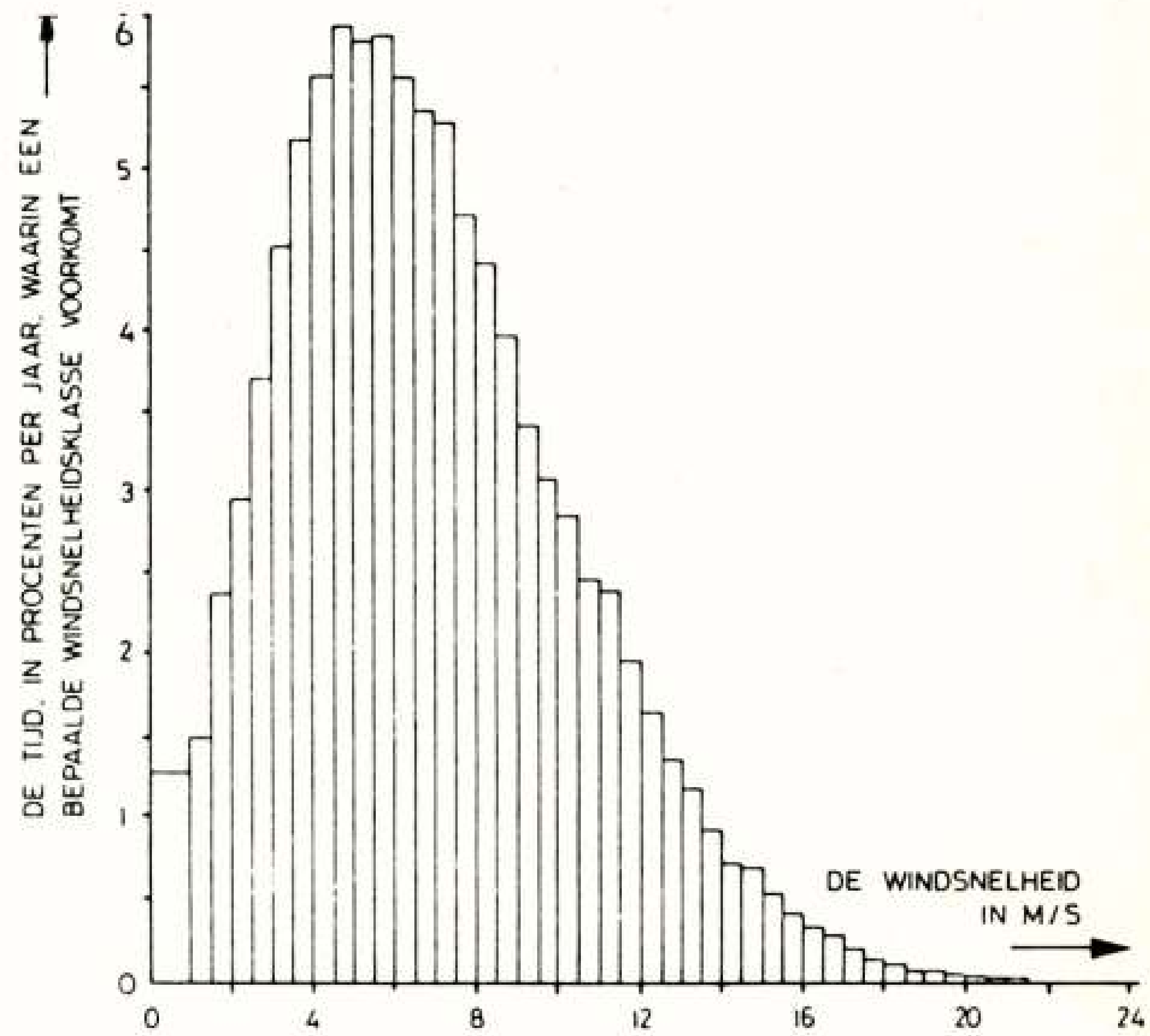
Daar het rendement van een tweebladige windturbine het gunstigst is gaan we bij onze volgende beschouwing uit van dergelijk type en wel één met een diameter van het door de rotor bestreken oppervlak van 50 meter.

Figuur 3 geeft hiervoor het maximaal vermogen als functie van de windsnelheid (voor C_p is gekozen $C_p = \frac{1}{3}$).

Daar de grote windturbines een hogere waarde voor C_p hebben dan kleine en generatoren voor groot vermogen een beter rendement hebben dan die voor kleine vermogens, is in eerste instantie het grootschalige gebruik van grote windturbines bestudeerd.

Kleine windturbines (ca. 1 kW) zullen in de toekomst alleen voor speciale toepassingen worden gebruikt.

Om steeds het maximaal vermogen aan de wind te kunnen onttrekken moet λ constant worden gehouden op de waarde



Figuur 4. De relatieve aanwezigheidsduur van windsnelheden.

waarbij C_p maximaal is. Dit is slechts mogelijk als het rotortoerental evenredig met de windsnelheid varieert. Dit is een belangrijk aspect van de bedrijfsvoering, hoewel het bij gunstige windcondities ook mogelijk is bij een constant toerental een goed gemiddeld rendement te halen.

Om de opbrengst van een windturbine te kunnen bepalen is het noodzakelijk te weten hoe vaak een bepaalde windsnelheid voorkomt. Uit figuur 4 is dit voor Den Helder af te leiden.

Met behulp van deze windgegevens en de eerder genoemde formule voor het molenvermogen is de jaaropbrengst van een 50-meter molen, geplaatst te Den Helder, te bepalen. Dit levert dan per m^2 bestreken molenoppervlak ca. 1 MWh/jaar, of voor de 50-meter windturbine ca. 2.000 MWh/jaar, hetgeen overeenkomt met de arbeid van 10.000 slaven met een 40-urige werkweek.

Dit zou betekenen dat 140.000 windturbines van 50 meter met dezelfde windcondities als in Den Helder alle benodigde energie voor 1978 zouden kunnen leveren (verliezen bij de omzetting en transport van de energie zijn verwerkt in de lage C_p van 0.33).

3. Waar kunnen we deze molens plaatsen?

Het lijkt een onmogelijk groot aantal te meer daar landinwaarts de windcondities aanzienlijk ongunstiger zijn dan aan de kust.

Voor plaatsing van de turbines komen gebieden met een gemiddelde windsnelheid > 6,5 m/s in aanmerking.

a) buiten de stedelijke gebieden, natuurgebieden, meren, bossen e.d. (zie fig. 5).



Figuur 5. Gebieden die in aanmerking zouden kunnen komen voor het bouwen van grote windmolens.

b) op zee buiten gebieden met andere activiteiten.

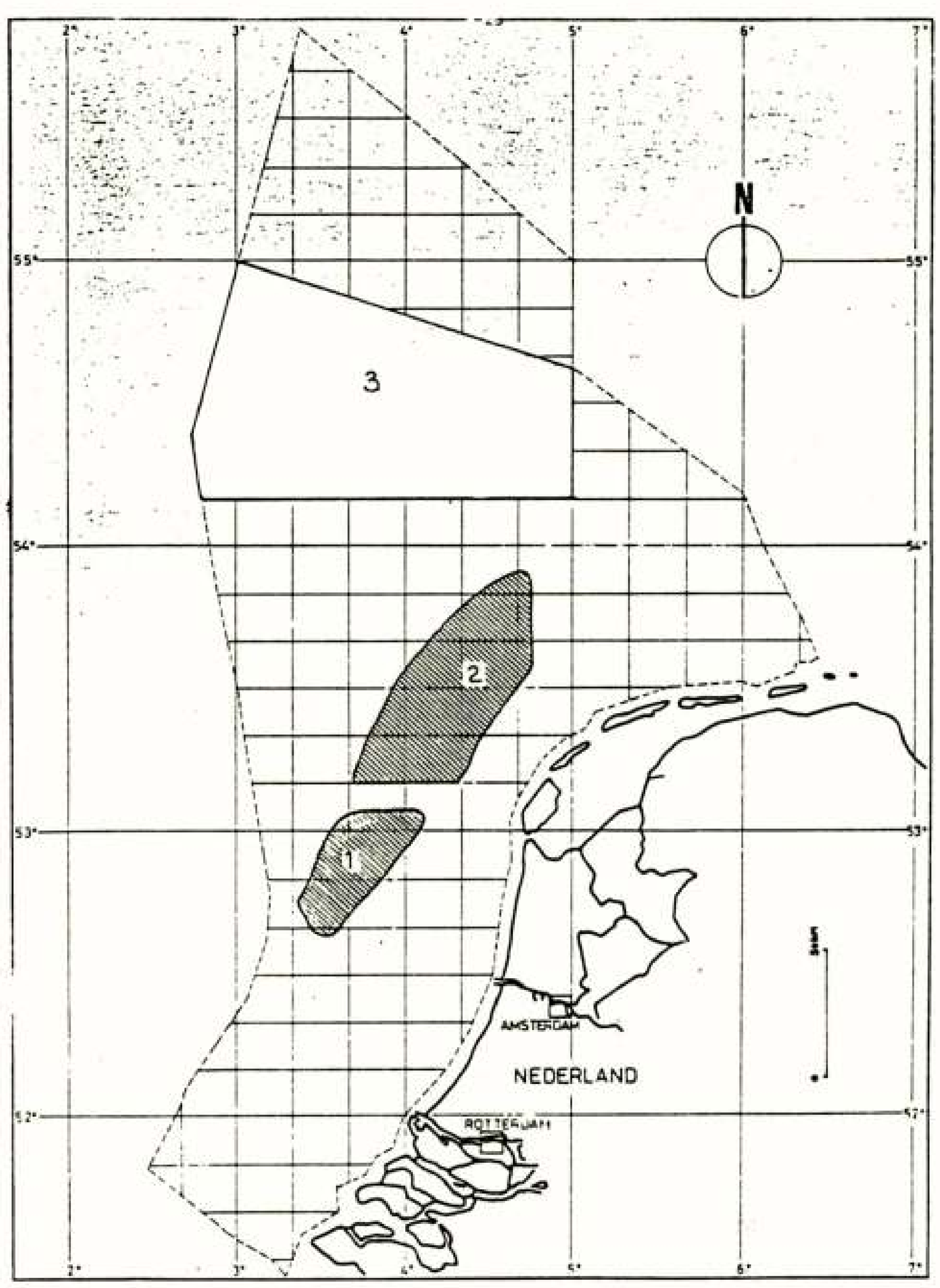
Op het land zijn dit alle gebieden links van de getrokken lijn, die niet zwart gemaakt zijn. Daar zouden er bij een onderlinge afstand van 500 m ca. 30.000 geplaatst kunnen worden. Bij een afstand van 250 m, wat ook mogelijk schijnt te zijn kunnen het er zelfs 120.000 zijn. Door zog-effecten en de ongunstiger plaatsen landinwaarts zal de opbrengst per molen echter kleiner zijn dan de eerdergenoemde 200 mWh/jaar.

Maar we hebben ook nog een continentaal plat. Als we op zee alle gebieden uitzonderen waarvan we voor dit doel geen gebruik kunnen maken vanwege scheepvaartroutes, vanggebieden, kabelverbindingen, radioverbindingen, dan blijven nog over de gebieden gemerkt 1, 2 en 3. Daar kunnen er bij zeer gunstige windcondities zeker ook meer dan 100.000 staan, hoewel gebied 3 het nadeel heeft van een te grote waterdiepte (fig. 6).

Het blijft natuurlijk een gigantische onderneming, (bv. 5.000 molens bouwen per jaar en gedurende 30 jaar) maar mogelijk lijkt het wel.

4. Welke gevolgen zou dit hebben voor de infrastructuur van de energievoorziening?

Een probleem waarmee we nog te maken hebben bij energievoorziening uit de wind ligt in de aanzienlijke windfluctaties.



Figuur 6. Mogelijke lokaties voor windturbineparken op zee.

Om in tijden van windstilte toch over voldoende energie te kunnen beschikken zullen we de opslagmogelijkheden van energie nog verder moeten ontwikkelen.

Voor de opslag en distributie van windenergie is in fig. 7 als voorbeeld een systeem geschetst. Mogelijkheden hierbij zijn:

a. Voor alle directe energiebehoeften moet zoveel mogelijk elektrische energie worden gebruikt.

b. Opslag van overschotten als warm water in reservoirs ter latere benutting voor verwarming etc.
Dit zou een goede combinatie opleveren met de reeds genoemde zonnecollectoren.

c. Opslag in stuwmeren in berggebieden of wellicht in de Markerwaard (Plan Lievense). Dit is nu reeds een veel gebruikte mogelijkheid. Via waterkrachtcentrales kan weer elektriciteit worden geproduceerd bij een hoog rendement (totaal conversie-rendement beter dan 80%).

d. Intense uitwisseling van energie met het buitenland; vooral met andere landen die ook alternatieve bronnen benutten. De windsterkte op verschillende plaatsen is op hetzelfde ogenblik vaak zeer verschillend.

e. Het ontwikkelen van waterstofgas en dit opslaan bv. onder hoge druk in flessen. Met behulp van de brandstofcel kan deze waterstof met lucht (O_2) weer elektriciteit leveren. Goed conversie-rendement wordt verwacht 70%. Ook voor de aandrijving van voertuigen is dit een mogelijk zeer aantrekkelijk alternatief met een goed rendement en geen uitlaatgassen.

5. Enkele bijkomende effecten:

Zou Nederland overgaan tot de bouw van een windenergiesysteem als hierboven is beschreven dan heeft dat enkele belangrijke gevolgen:

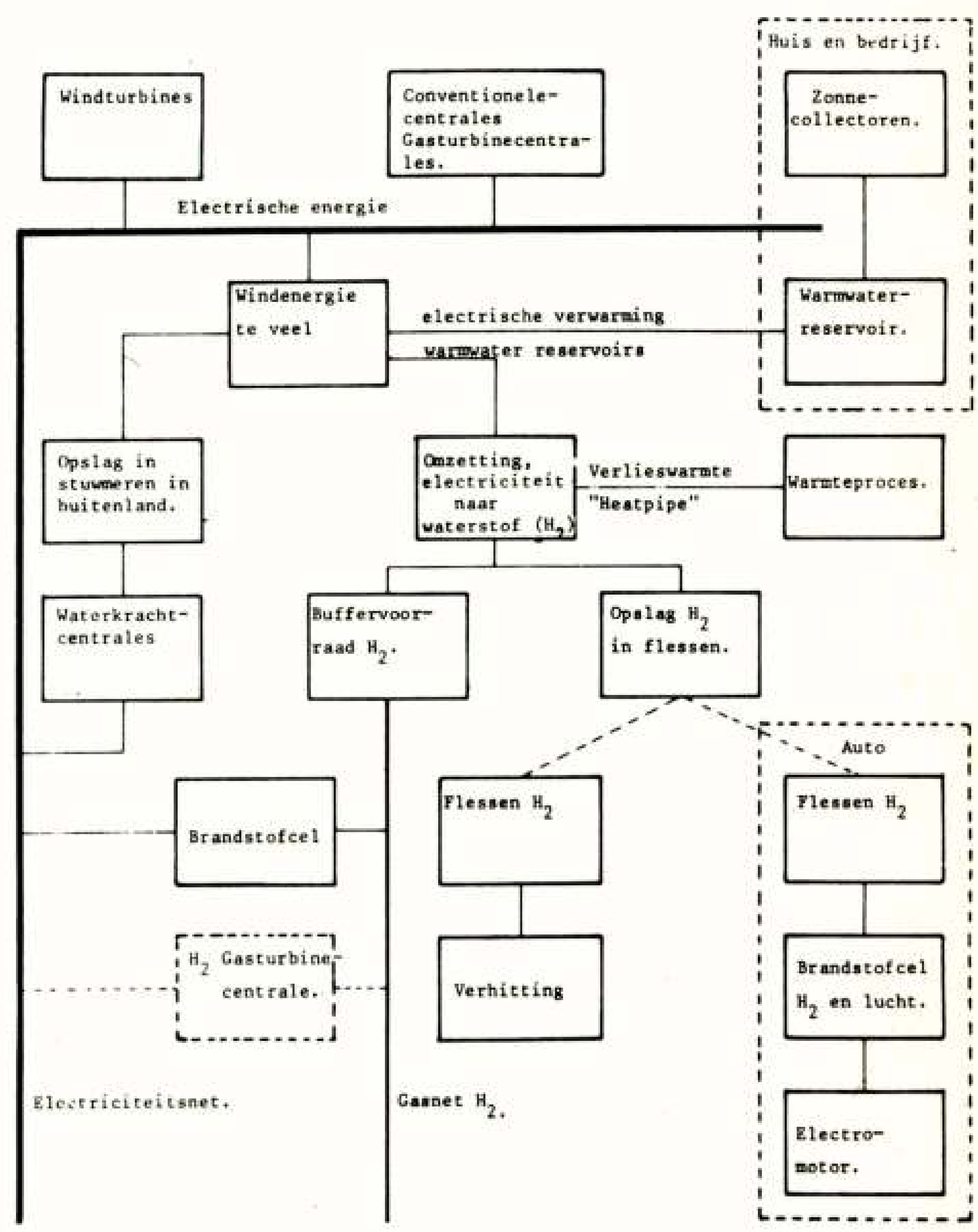
a. De chemische vervuiling neemt sterk af.

b. Visuele vervuiling ontstaat op de vestigingsplaats.

c. Een groot aantal arbeidsplaatsen ontstaat gedurende vele jaren; grootte orde: 100.000 plaatsen gedurende 30 jaar.

d. Enorme besparing aan deviezen, immers de invoer van olie, kolen en uranium wordt drastisch verminderd.

e. Grote stimulans voor het bedrijfsleven en wellicht mogelijkheden voor export.



Figuur 7. Een opslag- en distributiesysteem voor energie mede gebaseerd op windturbines.

Voordracht gehouden in het Koninklijk Instituut van Ingenieurs te den Haag op 20 nov. 1980 tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (nr. 293), de Sectie Telecommunicatietechniek KIvI, en de Benelux Sectie IEEE.

LEDENMUTATIES

Voorgestelde leden

Ir. G.J.A. Arink, Puttendijk 12, Maarheeze
G. de Bruin, Hyacinthstraat 13, Voorschoten
Ir. P.A. Hargitai, Ridderzaal 64, Eindhoven
Ir. P.J.V. Sugondo, Maalakker 66, Eindhoven
Ir. V.J.M. Vermeulen, Antheunisstraat 231, 's-Gravenhage

Nieuwe leden

Ir. J. Bruijn, Schout van Eijklaan 61, Leidschendam
Ir. J. van Cappellen, Vreelandseweg 58, Nederhorst den Berg
Dr. K.S. Chung, Keversberg 4, Eindhoven
Ir. H.T. Huele, IJsselstraat 17, Hengelo (Ov.)
Ir. M.H.P. van Iersel, Winkelsestraat 15, Udenhout
Ir. A.C. Sonneveldt, A. van Scheltemaplein 62, Delft
Ing. C.P.M. Willems, Immenhof 30, Teteringen
Ir. S.C.J. Worm, Goorland 6, Bladel

Nieuwe adressen van leden

R. van Aken, Zeelsterstraat 47, Eindhoven
W.R.M. Arnoldussen, Zwaluwstraat 25, Delft
Ing. L. Ensing, Prof. Waterinkstraat 2, Mariënberg
Ir. B. Kemp, Nic. Beetsstraat 15, Hazerswoude Rijndijk
Ir. F.J. Kroon, Stobbe 18, Blaricum
Ir. W.S. Oei, Disneystrook 92, Zoetermeer
Ir. G.P.H. Olthuis, IJssellaan 23, Son
Ir. H.J.A. de Ronde, Philips Project Development (S) Private Ltd, Elcoma Division, Lorong 1, Toa Payoh, Singapore 1231 Singapore, Azië
Ir. A.P.C. van Schendel, Oudartstraat 27, Stiphout
Prof.ir. C. van Schooneveld, Woelwijklaan 9, Voorschoten
M.A. Vellekoop, Rijnlaan 8, Son
Ir. E. Woudstra, Wilhelminastraat 102, Berkel en Rodenrijs

Conferentie aankondigingen

Telecom 83; 26-10 t/m 1-11-1983; Geneve; kontaktadres Telecom 83, Place des Nations, CH-1211 Geneve 20 Zwitserland.

First European Conference on Integrated Optics London; 14-15 september 1981; kontaktadres: Conference Department IEE, Savoy Place; London WC2R OBL United Kingdom.

1982 International Zurich Seminar on digital communications; Zurich 9-11 maart 1982; Call for papers 21-7-1981; kontaktadres: Secretariat '82 IZS, Miss M. Frey, EAE, Siemens-Albis AG, POB, CH-8047 Zurich Zwitserland.

Software Engineering for Telecommunications switching systems; University of Warwick, Coventry United Kingdom; 20-24 juli 1981; kontaktadres: Conference Department IEE, Savoy Place London WC2R OBL; United Kingdom.

Advanced Logistics: Requirements and technology. Amsterdam 1-2 juni 1981; kontaktadres: TMSA ARL Conference; c/o State of the art, Ltd. Victoria House Suite 501, Southampton Row, London WC1B 4EF, England. Telephone 01 242 4045

11eth European microwave conference; Amsterdam; 7-11 september 1981; kontaktadres: dr.T.G.v.d.Roer, Secretary Eu. M.C. 81, Eindhoven Technical University P.O. Box 513, 5600MB Eindhoven, The Netherlands.

4th International Conference: Trends in On-line computer control systems; University of Warwick 5-8 april 1982; Kontaktadres: IEEE Conference Department, Savoy Place, London WC2R OBL United Kingdom.

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

Inhoud

deel 46 - nr. 2/3 - 1981

druk: de Witte Eindhoven